

**Zur Problematik der Bekämpfung des
Gr. Braunen Rüsselkäfers, *Hylobius abietis* L.,
mit Versuchen zur chemischen und
biologischen Bekämpfung**

Jobst Frhr. v. Waldenfels

—

1974
—



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551924_0040

Zur Problematik der Bekämpfung des Gr. Braunen Rüsselkäfers,
Hyllobius abietis L., mit Versuchen zur chemischen und bio-
logischen Bekämpfung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

vorgelegt von
Jobst Frhr. v. Waldenfels

1974

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Institut für angewandte Zoologie der Ludwig-Maximilians-Universität in München durchgeführt



Tag der Promotion: 24.7.74

Dekan: Prof. Dr. H. D. Löffler

Berichterstatter: Prof. Dr. W. Schwenke

Prof. Dr. P. Schütt

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1	Einleitung und Problemstellung 1
2	Biologie und Schaden von <i>H. abietis</i> und Folgerungen für die Bekämpfung 3
2.1	Standort der Freilandversuche 3
2.2	Biologie 3
2.3	Folgerungen für die Bekämpfung 9
3	Bekämpfungsmaßnahmen 11
3.1	Allgemeines 11
3.2	Mechanische Methoden 11
3.2.1	Vernichtung der Käfer (Literaturübersicht) 11
3.2.2	Versuche zur Bestimmung der Fangquote 12
3.2.3	Entzug des Bruthabitats (Literaturübersicht) 12
3.3	Beeinflussung durch waldbauliche Maßnahmen (Literaturübersicht) 13
3.4	Vorbeugende Behandlung der Pflanzen mit chemischen Insektiziden 14
3.4.1	Allgemeines und bisherige Maßnahmen 14
3.4.2	Freilandversuche 15
3.4.2.1	Material und Methode 15
3.4.2.2	Ergebnisse 18
3.4.2.2.1	Fraß in der Abhängigkeit von der Jahreszeit 1971 18
3.4.2.2.2	Fraßschaden in den nächsten 2 Vegetations- perioden 1972 u. 1973 18
3.4.2.2.3	Fraßschaden in Abhängigkeit von der Baumart 20
3.4.2.2.4	Vergleich der Wirksamkeit der Insektizide 21
3.4.2.2.5	Wirkung von DDT und Lindan in Mischung mit Agricol 28
3.4.2.2.6	Prüfung der Insektizide auf Unschädlichkeit für die Pflanzen 29
3.4.2.3	Diskussion der Freilandversuche 30
3.4.2	Laborversuche 30
3.4.3.1	Allgemeines 30
3.4.3.2	Material und Methode 31
3.4.3.3	Ergebnisse 34

3.4331	Allgemeines	34
3.4332	Mortalität in Abhängigkeit von der Konzentration	36
3.4333	Mortalität in Abhängigkeit vom Geschlecht der Käfer	38
3.4334	Mortalität in Abhängigkeit von der Temperatur	39
3.4335	Wirkungsdauer des Insektizidbelages	40
3.43351	Allgemeines	40
3.43351	Versuche und Ergebnisse	42
3.43353	Diskussion der Ergebnisse	52
3.44	Allgemeiner Wirkungsvergleich der Wirkstoffgruppen DDT, Lindan und Tetrachlorvinphos	54
3.441	Allgemeines	54
3.442	Toxikologie	54
3.443	Gefahren für die Umwelt	55
3.444	Wirtschaftlichkeit der Anwendung	57
3.5	Vorbeugende Behandlung mit systemischen Insektiziden (Granulaten)	57
3.51	Allgemeines	57
3.52	Material und Methode	57
3.53	Ergebnisse und Diskussion	58
3.6	Stockbehandlung	58
3.61	Allgemeines	58
3.62	Material und Methode	59
3.63	Ergebnisse	59
3.64	Diskussion der Stockbehandlung	61
3.7	Behandlung stehender Kulturen (bisherige Maßnahmen)	61
3.8	Biologische Bekämpfung	62
3.81	Allgemeines und bisherige Maßnahmen	62
3.82	Versuche mit <i>Beauveria bassiana</i> (Bals.) Vuill.	63
3.821	Allgemeines	63
3.822	Möglichkeiten der Anwendung von <i>B. bassiana</i> gegen <i>H. abietis</i>	65
3.823	Material und Methode	66
3.824	Allgemeine Ergebnisse	68
3.8241	Ermittlung der Sporenkeimprozent	68

3.8242	Hämolymphe von <i>H. abietis</i> als Nährsubstrat	69
3.8243	Einwirkung von Insektiziden auf die Keimfähigkeit	72
3.8244	Einwirkung von Rindenstoffen und Bastsäften auf die Keimung	73
3.825	Versuche zur Bekämpfung der Imagines von <i>H. abietis</i> mit <i>B. bassiana</i>	74
3.8251	Material und Methode	74
3.8252	Versuche mit Konidien- und Blastosporensuspension	75
3.8253	Versuche mit Konidienstaub	76
3.826	Versuche mit Konidien- und Blastosporensuspensionen gegen Larven von <i>H. abietis</i>	77
3.827	Zusammenfassung der Versuche mit <i>B. bassiana</i> gegen <i>H. abietis</i> und Diskussion	78
3.8271	Allgemeines	78
3.8272	Betrachtung der Ergebnisse in Hinblick auf den praktischen Forstschutz	79
4	Zusammenfassung der Ergebnisse im Hinblick auf den Forstschutz	81
5	Zusammenfassung	83
	Literatur	85

Zur Problematik der Bekämpfung des Gr. Braunen Rüsselkäfers,
Hylobius abietis L., mit Versuchen zur chemischen und biologischen
Bekämpfung

1 Einleitung und Problemstellung

Die wirtschaftliche Bedeutung des Großen Braunen Rüsselkäfers, *Hylobius abietis*, des seit jeher wichtigsten Schädlings der Fichten- und Kiefern-kulturen, hat sich durch die Entwicklung der Forstwirtschaft in den vergangenen Jahrzehnten, vor allem infolge des Verbleibens der bruttauglichen Fichten- und Kiefern-stöcke im Walde, zunehmend erhöht. In weiten Teilen Bayerns wie auch anderer Gebiete Europas können heute Fichten- und Kiefern-kulturen ohne obligatorische *Hylobius*-Abwehr nicht begründet werden.

Als bestes Abwehrverfahren hatte sich jahrzehntelang die Tauchung der Pflanzen vor dem Setzen in einer DDT-Brühe bewährt. Sie vermittelte den Pflanzen einen Schutz vor *Hylobius*-Fraß zumindest während der ersten, kritischen Vegetationsperiode und zum Teil darüber hinaus bis ins nächste Jahr. Mit dem Verbot der Anwendung von DDT-Mitteln vom 23.7.1971 trat für die *Hylobius*-Abwehr eine völlig neue Situation ein. Der Gesetzgeber gewährte der Forstschutzpraxis eine Frist von 3 1/2 Jahren, bis zum 31.12.1974, während welcher noch die Anwendung DDT-haltiger Präparate zur Schutztauchung der Pflanzen gegen *Hylobius* erlaubt blieb. Für die Forstschutzforschung galt es, während dieser Zeit neue Verfahren zur Ablösung des DDT zu entwickeln.

Die Bemühungen zahlreicher europäischer Institute richteten sich zunächst auf den Wirkstoff HCH (Hexachlorcyclohexan) und kurze Zeit darauf auch auf das Tetrachlorvinphos, einen Phosphorsäure-Ester. Zugleich wurde die Frage aufgeworfen, ob *Hylobius abietis* nicht mit physikalischen oder biologischen Mitteln bekämpfbar sei.

Am Institut für Angewandte Zoologie, München, wurden ab 1971 im Rahmen der amtlichen Forstschuttmittelprüfung Versuche mit HCH-(Lindan-) Präparaten und Tetrachlorvinphos durchgeführt. Es erschien jedoch darüber hinaus wünschenswert, sowohl diese beiden Wirkstoff näher zu untersuchen als auch noch weitere Insektizide auf ihre Verwendungsmöglichkeit gegen Hylobius zu prüfen. Weiterhin waren Überlegungen und Experimente über die Möglichkeiten einer nicht-chemischen Hylobius-Abwehr anzustellen. Mit diesen Zielen wurden im Frühjahr 1971, als das DDT-Verbot sich abzuzeichnen begann, Freiland- und Laboruntersuchungen begonnen, deren Ergebnisse nachfolgend dargestellt werden sollen.

Ich danke dem Leiter des Instituts, Herrn Prof. Dr. W. SCHWENKE für die Übertragung des Themas und die Betreuung meiner Arbeit. Den Herrn Privat-Dozent Dr. POSTNER, Dr. SKATULLA und Ofm. KRUMP sowie Frl. WEBER am Inst. f. Angew. Zoologie, Herrn Dr. BACHLER, Inst. f. Waldwachstumskunde, bin ich für wertvolle Ratschläge zu Dank verpflichtet. Ich danke vor allem auch der Verwaltung des Wittelsbacher Ausgleichsfonds, insbesondere dem Leiter des FA Münchsmünster, Ofm. Dr. FINSTERER und dem zuständigen Revierbeamten, Herrn STEINMEIER, für die Genehmigung zu Außenarbeiten sowie für mannigfache Unterstützung derselben. Besonders danke ich Herrn Dr. MUELLER-KOEGLER, Biologische Bundesanstalt, Darmstadt, für die Bestimmung der insektenpathogenen Pilze und für seine Beratung.

2. Biologie und Schaden von *H. abietis* und Folgerungen für die Bekämpfung

2.1 Standort der Freilandversuche

Die Untersuchungen wurden im Forstamt Münchsmünster des Wittelsbacher Ausgleichfonds durchgeführt. Die folgenden Angaben über den Standort sind im wesentlichen der Standortserkundung von PRIEHÄUSER entnommen.

Das Forstamt Münchsmünster liegt im tertiären Hügelland, und zwar auf der nördlichen Seite im sogenannten Dürnbucher Forst, der allmählich zur Ilm- bzw. Donauniederung abfällt. Die Höhenlage der Versuchsflächen schwankte zwischen 350 - 380 m.

Die geologische Unterlage sind einerseits tertiäre Kiese, andererseits tertiärer Flinz und Flinzsande, die im Diluvium von mehr oder minder mächtigen Schichten von Dünsanden und Treibsanden überdeckt wurden. Je nach Mächtigkeit der Auflage sind die Standorte trocken bis naß (direkter Tonuntergrund). Auf den Versuchsflächen herrschte Sandboden mit Grundwasseranschluß im Wurzelbereich vor.

Die Jahresdurchschnittstemperatur (Station Ingolstadt 1931-1954) beträgt 8.3°C, der Durchschnittsniederschlag 675 mm. Das Klima ist, im Vergleich zum übrigen Bayern, als warm und mit geringen Niederschlägen zu charakterisieren.

Die Hauptholzart ist die Kiefer (Kie), unter Beimischung der Fichte (Fi), die z.T. im Unter- und Zwischenstand steht.

Der Dürnbucher Forst ist auf Grund der Standortsverhältnisse ein Gebiet, in dem *H. abietis* ständig in großen Mengen auftritt. Zur Veranschaulichung sei erwähnt, daß um 1900 im damaligen Kgl. Forstamt Münchsmünster (4730 Hektar) alljährlich 3-400 000 Käfer gefangen wurden (SEPP, 1896).

2.2 Biologie

Vorausschickend muß bemerkt werden, daß die vorliegenden Untersuchungen nur für das Gebiet von Münchsmünster zutreffen und sich in den übrigen Teilen Bayern andere Verhältnisse in bezug auf Ent-

wicklungsdauer etc. ergeben können.

Erscheinen der Käfer

Je nach Witterung erschienen die Käfer Mitte April bis Anfang Mai. Dies war von den Temperaturverhältnissen in dieser Zeit abhängig. Warme trockene Witterung mit Tagesdurchschnittstemperaturen über 8-9°C begünstigte das Schlüpfen der überwinternden Käfer aus dem Boden, bzw. aus den Puppenwiegen.

Tab. 1: Fangergebnisse/Fangstelle 1972 und 1973 nach Monatsdritteln mit Temperaturvergleich

	April			Mai			Juni			Juli		
1972	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
T Ø C°	8.9	6.5	7.0	11.7	8.9	13.2	14.5	13.2	15.5	16.3	18.4	17.9
Fang				50	36	49	35	24	19	7	3	2
1973												
T Ø C°	4.6	2.4	8.9	13.1	11.4	14.6	15.0	15.6	16.5	19.3	16.4	13.8
Fang					26	56	45	68	25	16	13	2

Die in Tab. 1 zusammengestellten Fangergebnisse mit den Temperaturen (Station Kösching), geordnet nach Monatsdritteln, für 1972 und 1973 zeigen folgendes: April 1972 war im Durchschnitt mit 7.5°C wesentlich wärmer als April 1973 mit 5.3°C. Dementsprechend erschienen 1972 die Käfer in nennenswerten Mengen bereits Anfang Mai (Erstfund am 20.4.), während 1973, verzögert durch die kalte Witterung, erst im II. Maidrittel die Masse erschien (Erstfund am 25.4.). Die Anzahl der Käfer blieb bis Mitte Juni annähernd konstant und fiel dann bis Mitte Juli rapide ab. Der von anderen Autoren festgestellte Knick in den Fangergebnissen, der sich in einem Abfall der Fangzahlen Ende Mai und einem erneuten Anstieg Anfang Juni äußert, konnte hier nur andeutungsweise festgestellt werden (Tab. 1).

H. pinastri, der in Nordeuropa zusammen mit H. abietis auftritt, wurde nicht festgestellt. Dies stimmt mit der Beobachtung von SCHWENKE (mündl. Mitteilung) überein, der ebenfalls im gesamten

bayerischen Raum in den vergangenen Jahren trotz ausgedehnter Untersuchungen *H. pinastri* nicht antraf.

Das Geschlechterverhältnis von *H. abietis* war bei den Fängen stets zugunsten der $\overset{\text{♂♂}}{\text{♂}}$ verschoben, und zwar kamen auf 100 $\overset{\text{♀♀}}{\text{♀}}$ 110-130 $\overset{\text{♂♂}}{\text{♂}}$. EIDMANN (1970), machte dieselben Beobachtungen in Mittelschweden. Nach seinen Versuchen hängt dies vom unterschiedlichen Verhalten der Geschlechter ab.

Wanderung und Fraßverhalten der Käfer

Nach Aussagen des Revierbeamten wird alljährlich zu Beginn des Käferauftretens ein Schwärmen von Rüsselkäfern beobachtet. Bei meinen Untersuchungen wurden nur am 26.5.1973 drei fliegende Käfer eingefangen. Bei Laborversuchen konnte aber mehrmals in den Zuchtgläsern Flugversuche beobachtet werden.

Die Käfer wanderten fliegend oder laufend vornehmlich zu den frischen Kie- bzw. Fi-stücken der vergangenen Einschlagsperiode. Da in Münchsmünster in der Endnutzung Winterfällung vorherrscht, werden sie hier auf den frischen Schlägen in großen Mengen gefunden. Dies wurde zum Fang der Käfer ausgenützt. Bemerkenswert und für die Bekämpfung von Bedeutung ist die Tatsache, daß die Käfer am Überwinterungsort, bzw. an den Stellen, aus denen sie aus den Puppenwiegen schlüpfen, nur unwesentliche Fraßschäden anrichten. Der Hauptfraßschaden konzentriert sich im wesentlichen auf die Kulturen, die auf den frischen Schlägen angelegt werden. Der Käfer frißt den frischen Bast junger Koniferen, indem er sich trichterförmig durch die Rinde durchnagt und so den charakteristischen Plätzefraß verursacht. An der Pflanze wird bevorzugt die Grenzzone zwischen Erde und Luft am Wurzelhals befressen. Ist der Bast ringsum abgefressen, stirbt die Pflanze.

Eiablage

Die Eiablage erfolgt in den frischen Kie-, bzw. Fi-Stöcken der vergangenen Einschlagsperiode. Bei der Erweiterung einer Kiesgrube im Sommer 1972 (Einschlag Winter 1971/72) wurde in den gerodeten

Stöcken nach Larven gesucht. Die überwiegende Anzahl der Larven (ca. 70-80 %) enthielten die flach streichenden Seitenwurzeln mit einem Durchmesser von 2-10 cm. Die restlichen Larven waren am Stammansatz und an den stärkeren Seitenwurzeln verteilt. Diese Verteilung entspricht den Literaturangaben.

Im Juni 1972 wurde auf mehreren Standorten durch Ausgraben von Wurzeln aus dem Einschlag 1970/71 untersucht, ob zu dieser Zeit die Stöcke noch fängisch, bzw. bruttauglich für *H. abietis* sind. In keinem Fall wurden mehr Larven der jüngeren Stadien gefunden. Dies bedeutet, daß die Stöcke nur eine Vegetationsperiode im Jahr nach dem Einschlag bruttauglich waren. Auch BEYER-PETERSEN (1962) gibt an, daß nur im nördlichen Nordeuropa die Stöcke auch noch im 2. Jahr nach der Fällung mit Eiern belegt werden.

Eine Eiablage, bzw. Larvenentwicklung an freiliegenden Ästen und in Rindenhaufen, wie sie in Skandinavien beobachtet wurde, konnte bei den vorliegenden Untersuchungen nicht festgestellt werden. Sie dürfte im Klimabereich von Münchsmünster, wo dieses Material schnell austrocknet, auch nicht vorkommen.

Larvenentwicklung

EIDMANN (1964) gibt für *H. abietis* die Zahl der Larvenstadien mit 5-6 an. Im Anhalt an seine Tabelle wurden die gefundenen Larven nach Kopfkapselbreiten geordnet und verschiedenen Stadien zugeordnet.

Tab. 2 zeigt, daß die Larven im Juli 1973 sich überwiegend im 2. und 3. Stadium befanden.

Tab. 2 Larven aus 8 Stöcken der Winterfällung 71/72 (Untersuchung am 8.7.72)

	Larve in Puppenwiege	L 5(6)	L 4	L 3	L 2	L 1	Sa
Zahl	-	2	28	30	9	6	75
%	-	3	37	40	12	8	100
Breite der Kopfkapsel mm		2.1-2.4	1.7-1.8	1.2-1.5	0.9-1.0	0.6	
Ø		2.2	1.75	1.2	0.9	0.6	

Tab. 3 Larven aus Brutknüppeln, eingegraben am 26.4.73, untersucht am 18.9.73

Puppe	Larve in Puppenwiege	L 5(6)	L 4	L 3	L 2	L 1	Sa.
Zahl	83	34	18	4	-	1	141
%	59	24	13	3	-	1	100
Breite der Kopfkapsel							
mm	2.0-3.0	2.1-2.7	1.7-1.8	1.2	-	0.6	
Ø	2.5	2.2	1.75	1.2	-	0.6	

Die Ergebnisse aus Tab. 3 stammen aus einem Begiftungsversuch mit folgender Versuchsanordnung: Am 26.4.1973 wurden 1 m lange, 8-14 cm dicke Kie-Knüppel ca. 10-20 cm flach in den Boden gelegt und mit Erde überdeckt. Am 18.9.73, nach Ende der Vegetationsperiode, wurden sie ausgegraben und im Labor genau untersucht. Die Messung der Kopfkapselbreiten ergab nur bei den größeren Larvenstadien beträchtliche Unterschiede. Nach der Tabelle von EIDMANN (1964) ist daher anzunehmen, daß *H. abietis* in Münchsmünster, wie in anderen Gegenden 5-6 Larvenstadien hat. Für die Generationenfrage (ob 1 oder 2jährig) ist interessant, daß nur eine Puppe vorhanden war, sich aber bereits 59 % der Larven in der Puppenwiege befanden. Die übrigen Larven entwickelten sich daher erst im nächsten Jahr weiter. Durch den Fraß der Larven, der an totem Gewebe erfolgt, entsteht keinerlei Schaden.

Diapause

Die Larven in der Puppenwiege (L 5, L 6) machen im Normalfall eine Diapause durch (EIDMANN, 1964), die durch die Temperatur im letzten Larvenstadium ausgelöst wird. Beträgt sie 25°C und mehr, entwickelt sich die Larve ohne Diapause weiter. Nur die eine Puppe des obigen Versuchs könnte demnach aus einer Larve stammen, die sich ohne Diapause weiterentwickelt hat. Die Diapause, die als Normalfall anzusehen ist, dauerte in Skandinavien je nach den Temperaturbe-

dingungen 60-220 Tage, was auch für die anderen Teile des europäischen Verbreitungsgebietes anzunehmen ist. Sie ist selbstverständlich bei den Larven, die im Herbst bereits in der Puppenwiege sind, beträchtlich länger, als bei denen, die erst nach Entwicklung ihres Larvenstadiums im Frühjahr des nächsten Jahres in Diapause gehen. Die Diapause wurde demnach, trotz der unterschiedlichen Entwicklungsstadien im Herbst, einheitlich im Sommer des nächsten Jahres beendet.

Verpuppung und Schlüpfen der Käfer

Die Verpuppung und die Puppenruhe folgte in Münchsmünster bis auf wenige Ausnahmen im Sommer nach der Eiablage. Bei Ausgrabungen von Wurzeln aus dem Einschlag Winter 70/71 (im Sommer 71 mit Eiern belegt) im Sommer 1972 ergab sich (s. Tab. 4), daß mit Aus-

Tab.4 Untersuchung von Wurzeln, bzw. einem mit Erde überdeckten Knüppel, aus dem Einschlag 1970/71 (im Sommer 1971 mit Eiern belegt)

Datum	verlassene Puppenwiege Käfer geschlüpft	Käfer in Puppen- wiege	Puppen	Larven
20.8.72	6	14	7	1 (L 4)
Dez. 72	4	8	-	-
März 73	7	17	-	-

(Knüppel)

nahme einer Larve sich alle Larven zu Puppen bzw. Käfern entwickelt hatten. Aus derselben Fläche wurden im Dezember nochmals Proben entnommen. Sie zeigen, ebenso wie ein Knüppel, der ebenfalls aus dem Winter 1971 stammte und mit Erde überdeckt war, daß ein Teil der Käfer erst im Frühjahr des nächsten Jahres schlüpfte. Inwieweit diese Verhältnisse für Münchsmünster zu verallgemeinern sind, läßt sich aus dem geringen Material nicht sagen. Für die Bekämpfung von Bedeutung ist aber, daß auch die Käfer, die bereits im Herbst schlüpfen, keinen Reifungsfraß beginnen. Jedenfalls wurde in den 3 Beobachtungsjahren ab Anfang August kein nennens-

werter Fraß mehr festgestellt. SCHWENKE (1956) stellte im Stadtforst von Berlin ebenfalls ein hauptsächliches Überwintern der Jungkäfer im Stock fest.

Zusammenfassung der Biologie des *H. abietis* in Münchsmünster

Es ergab sich, daß *H. abietis* in Münchsmünster im allgemeinen eine 2 jährige Generation hatte. Die Käfer erschienen Mitte April bis Anfang Mai des 1. Jahres. Das Hauptauftreten und auch der Hauptfraß lagen in den Monaten Mai bis Mitte Juli. Die Eiablage erfolgte während dieser Zeit an den Koniferenstöcken der vorhergegangenen Einschlagsperiode. Die Larven erreichten im selben Jahr zumeist das L 5(6) Stadium und nagten sich z.T. bereits auch die Puppenwiege. Die Diapause der entsprechenden Larvenstadien dauerte bis in die Vegetationsperiode des 2. Jahres. Nach der Verpuppung und der Puppenruhe blieben die Käfer teils bis zum Frühjahr des 3. Jahres in der Puppenwiege, teils verließen sie die Wiege im August-September des 2. Jahres, ohne daß aber im Herbst ein merklicher Reifungsfraß erfolgte.

2.3 Folgerungen für die Bekämpfung

Auf der Grundlage der 3 Versuchsjahre ergeben sich aus der Biologie des Rüsselkäfers und der Waldbewirtschaftung im Untersuchungsgebiet für die Bekämpfung folgende Punkte, die mit den langjährigen Beobachtungen des Forstamtes in Einklang stehen.

Der Schaden tritt konzentriert in den Neukulturen auf, die auf den Schlagflächen der vergangenen Einschlagsperiode angelegt werden. Hier haben die Käfer gleich beide benötigten Habitats zusammen: den Bruthabitat (Stöcke) und den Fraßhabitat (junge Koniferenpflanzen). Der Fraß erstreckt sich vom Beginn der Vegetationsperiode bis etwa Mitte Juli

Die Stöcke bleiben nur eine Vegetationsperiode bruttauglich und wirken dementsprechend im 2. Jahr nach dem Einschlag nicht mehr anziehend. Die Schäden sind daher auf den älteren Kulturen, sofern sie nicht an frische Schlagflächen grenzen, gering.

Die im Herbst des 2. bzw. im Frühjahr des 3. Jahres ausschlüpfenden Käfer wandern bei Beginn der Vegetationsperiode grobenteils sofort ab zu frischen Schlagflächen, ein kleiner Teil, der seinen Reifungsfraß an den auf der alten Schlagfläche stehenden Kulturen macht, vermag nur in Ausnahmefällen die inzwischen erstarkten Pflanzen durch Todfraß zu gefährden. Auf den Versuchsflächen, s.u., wurde zwar z.T. mittlerer Fraß festgestellt, aber in keinen Fall die Fraßintensität auf einer Neukultur erreicht. Bei sehr starker Vermehrung des Schädling kann jedoch auch eine Bekämpfung älterer Kulturen notwendig werden.

Das schädliche Stadium bilden nach alledem die überwinterten, in der Hauptsache von Mai bis Juli fressenden Käfer. Sie kommen zum größten Teil aus den Stöcken von Kahlschlägen oder Durchforstungen und zum geringeren Teil aus anderen Überwinterungsverstecken, z.B. dem Waldboden.

Grundsätzlich können Bekämpfungsmaßnahmen nach der geschilderten Lebens- und Schadensweise in zwei Räumen erfolgen: im Brutraum (Bruthabitat) oder im Imaginal-Ernährungsraum (Nahrungshabitat).

Im Brutraum, also an und in den Stöcken, erfolgen die Eiablage, die gesamte Entwicklung vom Ei bis zum Käfer, und das Schlüpfen der Käfer. Die theoretisch wirksamste Methode zur Ausschaltung des Schädling wäre der Brutraumentzug, also die Stockrodung. Da sie praktisch nicht möglich ist, wäre an eine chemische Behandlung der Stockoberfläche zu denken; sie richtet sich gegen die bei der Eiablage an den Stöcken sitzenden Altkäfer oder (bzw. und) gegen die aus dem Stockinneren an die Oberfläche kriechenden Jungkäfer.

Die chemische Bekämpfung der im Stockinneren lebenden Entwicklungsstadien ist nicht möglich.

Im Nahrungsraum, also in der Pflanzen- (hier: Kie- und Fi-) kultur, kann die Bekämpfung direkt die Käfer betreffen, indem diese durch Anlockung gefangen und sodann mechanisch, chemisch oder biologisch abgetötet werden. Oder sie kann sich indirekt gegen die Käfer richten, indem man den gefährdeten Kulturpflanzen durch Tauchung, Spritzung oder auf innertherapeutischem Wege einen Schutz verleiht.

Weitere indirekte Bekämpfungsverfahren im Nahrungsraum wären die Erhöhung der Pflanzenzahl und die Verwendung widerstandsfähiger, gesculter Pflanzen.

Alle soeben genannten prophylaktischen oder therapeutischen Maßnahmen sollen im folgenden näher betrachtet werden. Beim geringen Teil der Maßnahmen erfolgt diese Betrachtung nur an Hand der Literatur, beim überwiegenden Teil erfolgt sie im Zusammenhang mit eigenen Freiland- und Laborversuchen.

3 Bekämpfungsmaßnahmen

3.1 Allgemeines:

Für eine Klassifizierung der Bekämpfungsmaßnahmen wird folgende Einteilung gewählt:

- a) mechanische Bekämpfung
- b) waldbauliche Maßnahmen
- c) chemische Bekämpfung
- d) biologische Bekämpfung

Die Klassifizierung beinhaltet nicht, daß eine Bekämpfungsmaßnahme die andere ausschließt. Vielmehr werden sie in der Praxis miteinander kombiniert, so z.B. die chemische Bekämpfung mit waldbaulichen Maßnahmen.

3.2 Mechanische Bekämpfung

3.21 Vernichtung der Käfer (Literaturübersicht)

Einen umfassenden Überblick über die damals als wichtigste Verfahren zur Hylobius-Bekämpfung geltenden Fang- und Anlockmethoden gibt ESCHERISCH (1923). Wichtigste Verfahren waren der Fang in Fanggräben und an Fangrinden.

Insbesondere die Fangrinden-Methode wird bis heute immer wieder zur Hylobius-Bekämpfung in Erwägung gezogen. Hier werden Fangplätze in den Achseln frischer Kiefernstöcke angelegt, deren Rinde mit der Axt an dieser Stelle verletzt wird, um durch den aus-

fließenden Harzsaft die Anlockung zu erhöhen. OHNESORGE, (1953) stellte in diesem Zusammenhang fest, daß der Kiefernbastsaft den Rüsselkäfer am stärksten anlockt. Nach der Entfernung der Rasendecke werden frische Rindenstücke von in Saft stehenden Fichten mit der Bastseite nach unten auf den Boden gelegt und zur Erhöhung der Attraktivität ein frischer Zweig einer jungen Kiefer darunter gelegt. Das abgestochene Rasenstück wird dann wieder auf die Rinde gelegt, um ein schnelles Austrocknen zu vermeiden. Die Rinde bleibt etwa eine Woche für die Käfer fängisch, die nach Abhebung des Rasens von der Rinde abgesammelt werden. Die Fangergebnisse lagen in Münchsmünster maximal bei 30 Stück/Tag und pro Fangstelle. Die Auswirkung auf die Gesamtpopulation wurde von SCHMIDT (1934) mittels markierter freigesetzter Käfer quantitativ untersucht. Nach seinen Feststellungen wird trotz der oft zahlenmäßig großen Fangmenge nur ein geringer Teil der Gesamtpopulation erfaßt, so daß ein deutlich merkbarer Einfluß auf den Schaden nicht entsteht. Das Fangrinden-Verfahren hat, auch wenn man neuerdings versuchte, es mit einer chemischen Behandlung (Giftfangrinden) zu koppeln, aus Gründen der geringen Wirksamkeit und der hohen Kosten heute nur noch historischen Wert.

3.22 Versuche zur Bestimmung der Fangquote

Am 14.5.1972 wurden 50 frisch eingefangene Käfer durch einen Farbtupfen auf der Bauchseite markiert und sofort wieder ausgesetzt. Bis 29.5. wurden an den dort gelegten Fangrinden (5 Fangstellen auf ca. 1000 qm), die täglich abgesucht wurden, 13 Käfer = 26 % wiedergefangen.

Der Versuch wurde wiederholt am 4.6.73. Die Fangquote der 50 markierten Käfer war bis zum 22.6. 9 Stück = 18 %.

Das Ergebnis bestätigt die Versuche von SCHMIDT (1934)

3.23 Entzug des Bruthabitats (Literaturübersicht)

Die Larvenentwicklung von *H. abietis* erfolgt, wie dargestellt, in Stöcken bestimmten Alters. Die Ausmerzungen dieser Brutmöglichkeiten

durch Rodung der Stöcke wurde lange Zeit als vorbeugende Maßnahme empfohlen. Quantitative Versuche über die tatsächlichen Beeinflussungen der Gesamt-Population des Rüsselkäfers in einem Bestandeskomplex liegen nicht vor. Neben der methodischen Schwierigkeit, sie zu erfassen, liegt ein Problem darin, daß auch nach einer Stockrodung genügend Feinwurzeln im Boden bleiben, die von *H. abietis* bevorzugt zur Eiablage benutzt werden. Zudem ist die Rodung ohne Gefährdung der anderen Bestandesglieder nur auf einer Kahlfäche möglich, so daß die frischen Stöcke aus Durchforstungen weiterhin als Brutstätten dienen. Diese Art der Bekämpfung hat ebenfalls nur noch historischen Wert, denn neben der kostenmäßigen Seite ist auf fast allen Standorten, mit Ausnahme meliorierungsbedürftiger Böden, eine Stockentfernung wegen der Zerstörung des Bodengefüges unerwünscht.

3.3 Beeinflussung durch waldbauliche Maßnahmen (Literaturübersicht)

Ausgehend von der Beobachtung, daß *H. abietis* in Naturverjüngungen wegen der größeren Pflanzenzahlen/Flächeneinheit wirtschaftlich nur geringen Schaden anrichtet, wurde empfohlen, einerseits auf Naturverjüngung zu wirtschaften (ESCHERICH, 1923, u.a.), andererseits die großen Pflanzenzahlen durch Saat zu erreichen. Dies ist aber aus standörtlichen und wirtschaftlichen Gründen nur beschränkt durchführbar. Bei einer gelungenen Naturverjüngung ist dieser Effekt eine erwünschte Nebenwirkung.

Weitere waldbauliche Maßnahmen, wie die sogenannte Schlagruhe (1-mehrjährige Wartezeit bis zur Neuanpflanzung) und großer räumlicher Abstand der Kulturen in den aufeinanderfolgenden Jahren, um Rüsselkäfer produzierende Flächen von frischen Schlagflächen, den Fraßplätzen zu trennen, haben durch die Mobilität der Käfer während des Schwärmens nur begrenzten Wert. Insbesondere ist aber ein Schadfraß nicht vorhersehbar und ein auftretender akuter Befall nur durch eine teure Einzelpflanzenbekämpfung oder durch eine ökologisch bedenkliche Flächenbekämpfung zu verhindern.

Die in den letzten Jahren bei Fichte und Douglasie üblich gewordene Verwendung mehrjähriger, verschulter Pflanzen ist im Sinne einer vorbeugenden Maßnahme sehr zu begrüßen. Sie sind im Stande, auch stärkeren Fraß zu überstehen und die Fraßnarben in kurzer Zeit zu überwallen. Die Kiefer, die meist als 1-2-jähriger Sämling auf die Kulturfläche gepflanzt wird ist naturgemäß allein durch ihre kleinere Rindenoberfläche stärker gefährdet. Danach ist mit erheblichen Ausfällen zu rechnen. Neben den finanziell erheblichen Mehrkosten der Nachbesserung der Kultur, können sich z.T. erhebliche Wuchsunterschiede je nach Beschädigung ergeben, die die zur Wertholzerzeugung erwünschte Gleichmäßigkeit und Geschlossenheit der Kultur verhindern.

3.4 Vorbeugende Behandlung der Pflanzen mit chemischen Insektiziden

3.4.1 Allgemeines und bisherige Maßnahmen

Am Anfang der Entwicklung direkter Schutzmittel für die Pflanzen standen Anstriche mit mechanischer Wirkung, z.B. Lehmbrei, und mit angeblicher Repellentwirkung, wie Kuhjauche und Schmiermittel. Diesen Versuchen folgte die Spritzung mit arsenhaltigen Präparaten. Sie zeigten z.T. eine recht gute Wirkung (SCHMIDT, 1934), hatten aber neben ihrer hohen Giftigkeit den Nachteil einer nicht immer ausreichenden Wirkungsdauer. Abgelöst wurden sie durch das DDT. Es entwickelte sich als Standardverfahren die Tauchung nach dem Ausheben der Pflanzen oder die Spritzung im Verschulbeet. Durch zahlreiche Versuchsreihen (KOENIG, 1965; SCHINDLER, 1954; u.a.) ist nachgewiesen, daß DDT mindestens eine Vegetationsperiode wirksam ist. Das Verbot des DDT bildete den Hauptanlaß der vorliegenden Untersuchungen über die Brauchbarkeit anderer Insektizide zur Hylobius-Bekämpfung.

3.42 Freilandversuche

3.421 Material und Methode

Für die im Frühjahr 1971 im FA Münchsmünster begonnenen Freilandversuche wurden zunächst folgende Mittel ausgewählt:

a. Phosphorsäureester

Wirkstoff	Handelsname	Konzentration %	Bemerkungen
Trichlorphon	Dipterex	0.75	
Chlorthion	Chlorthion	0.5	
Fenitrothian	Folithion	0.75	
Fenthion	Lebarycid	0.5	
Bromophosaethyl	6433 I ^{x)}	0.5	
Bromophosmethyl	6440 ^{x)}	0.75	
Dialifor	Torak	0.5	
Dimethoat	Roxion	0.5	
Dichlorphos	Dedevap	1.0	
Tetrachlorvinphos	Obstabil	6.5	erst 1973 getestet

x) Prüfnummer der Biologischen Bundesanstalt

b. Chlorierte Kohlenwasserstoffe

DDT	Di-Di-Tan-Ultra	0.5-1.0
HCH (techn.)	ForstViton	1.0
HCH (Lindan)	Nexit-Stark	1.0
HCH (Lindan)	Verindal-Ultra	1.0
Metoxychlor	Metoxychlor	1.5
Endosulfan	Thiodan	1.25

c. Carbamate

Mercaptodimethur	Mesurol	1.5
Propoxur	Unden	0.75

Um aus vorstehendem größeren Kreis von Wirkstoffen und Präparaten einen engeren Kreis der wirksamsten Mittel für die Freilandver-

suche auszuwählen, wurde ein Vortest mit getauchten Pflanzen (4j. verschulte Fichte) unternommen. Die Pflanzen wurden nach Be-
giftung in Töpfe eingepflanzt und 20 Tage der Witterung ausge-
setzt. Anschließend wurden 20 frisch gefangene Käfer angesetzt.
Nach 15 Tagen wurde die Endmortalität bestimmt. Für die weitere
Prüfung schieden alle Mittel aus, die nicht 100 % Mortalität
erreichten. Dies waren folgende Mittel:

a. Phosphorsäureester Endmortalität % innerhalb 15 Tagen

N = 20

Roxion 40 %

Dedevap 20 %

b. Chlorierte Kohlenwasserstoffe

Thiodan 75 %

Metoxychlor 0 %

c. Carbamate

Mesuro1 10 %

Unden 0 %

Kontrolle 5 %

Methoden des Freilandversuches:

Die Pflanzen wurden im Tauchverfahren nach dem Ausheben im Pflanz-
garten in die Giftbrühe mit dem oberirdischen Teil bis zum Wurzel-
hals bündelweise eingetaucht. Nach dem Abtropfen wurden sie ge-
mäß dem Versuchsplan ausgepflanzt. Verwendet wurden 4j. Fichten
und 2j. Kiefern. Die Versuchsfläche lag in der Abt. Lutringer
Berg und war ein frischer Kahlsaumschlag von etwa 40 m Breite
und 600 m Länge in O-W-Richtung in ebener Lage. Vorbestand war
ein Kiefernaltholz mit beigemischten Fichten und Buchen, die z.T.
im Unter- und Zwischenstand standen. Der beiliegende Lageplan
(Abb. 1) zeigt, daß für alle Pflanzen die gleiche standörtliche
und klimatische Lage gegeben war. Insbesondere hatten die Sonnen-
einstrahlung und die Lage zum Bestandesrand den gleichen Einfluß.
Die Versuchsanlage bestand aus drei gleichen Blöcken. Innerhalb

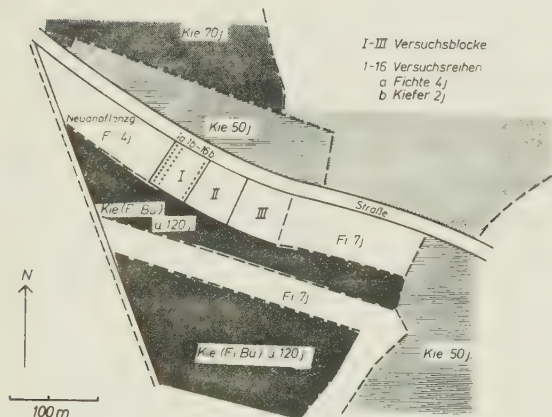


Abb. 1 Versuchsplan der Freilandversuche 1971

der Blöcke wurden 32 Reihen gebildet, abwechselnd Fichte und Kiefer. Zur Kontrolle blieben 4 Reihen Fichte und 4 Reihen Kiefern unbehandelt. Die Pflanzen wurden am 16.4.71 getaucht und an demselben Tag ausgepflanzt. Die Endauswertung der Versuche erfolgte am 17.8., also etwa nach 4 Monaten, als kein frischer Käferfraß mehr festzustellen war. Die Kontrollenreihen wurden daneben noch am 22.5. und am 13.7. ausgewertet, um den Schadfraß in der Abhängigkeit von der Jahreszeit festzustellen. Die Fraßschäden wurden beurteilt nach verschiedenen Schadensklassen, und zwar:

- 0 = ohne Fraß
- 1 = Fraßspuren
- 2 = leichter Fraß
- 3 = mittlerer Fraß
- 4 = starker Fraß
- 5 = Todfraß

Abgesehen davon, daß zwischen den einzelnen Schadensklassen kein numerischer Zusammenhang besteht, ist diese Skala von subjektiven Eindrücken des Auswerters nicht frei und stellt daher keine absoluten Werte dar. Da es aber bei diesem Versuch nur darauf ankam, die Mittel untereinander zu vergleichen und die Flächen immer von derselben Person ausgewertet wurden, sind die Ergebnisse dennoch objektivierbar.

KOENIG (1972) und EIDMANN (1969) bonitierten ebenfalls den Fraßschaden nach 5 Klassen und ermittelten die arithmetisch mittlere Schadensklasse. Inwieweit hierbei quantitative Zusammenhänge zwischen den Klassen bestanden, ist aus den Versuchsbeschreibungen nicht ersichtlich.

3.422 Ergebnisse

3.4221 Fraß in Abhängigkeit von der Jahreszeit im Jahr 1971

Tab. 5 und Abb. 2 zeigt den Fraßschaden während des Sommers 1971,

Tab. 5 Entwicklung des Fraßschadens an 2j. unbehandelten Kiefern im Verlauf der Vegetationsperiode in Prozent der unbehandelten Gesamtpflanzenzahl

Aufnahmetag	Reihenkenzzahl	Pflanzung am 16.4.			
		22.5.	13.7.	17.8.	N
Anzahl der	1	34	58	65	138
befressenen	7	35	57	63	127
Pflanzen %	8	39	51	54	121
	13	31	54	63	118
Ø		35	54	61	
Todfraß %	1	19	30	33	138
	7	20	22	24	127
	8	25	26	29	121
	13	19	28	30	118
Ø		21	27	30	

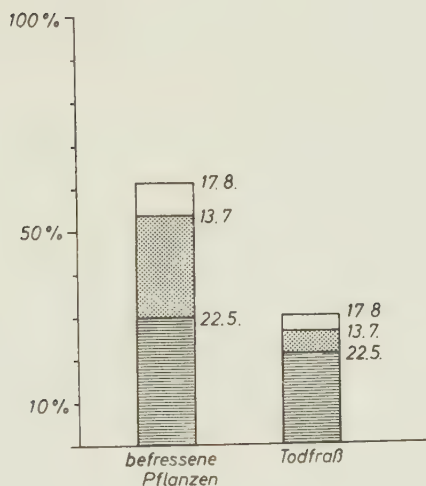


Abb. 2 Fraß in Abhängigkeit von der Jahreszeit, untersucht an 2j. unbehandelten Kie (gepflanzt am 16.4.71)

ausgewertet an 2j. Kiefern. Hierbei zeigte sich, daß der wirtschaftlich wesentliche Fraß durch den ersten Reifungsfraß der Käfer nach der Überwinterung verursacht wurde. Er ging nach Mitte Juli sehr stark zurück. Es bestand hier Übereinstimmung mit den Käferfangzahlen an den Fangrinden.

3.4222 Fraßschaden in den nächsten zwei Vegetationsperioden 1972 und 73

Die Kontrollreihen Kiefer wurden 1972 und 1973 jeweils am Schluß der Vegetationsperiode nochmals aufgenommen und kontrolliert.

Tab. 6 Fraßschaden in den Kontrollreihen Kiefer aus den Versuchsf lächen 1971 im Jahre 1972 und 1973

	Pflanzenzahl	befressene Pflanzen %	Todfraß %
1972	305	11	3
1973	290	21	<1

Demnach trat in den beiden Folgejahren nur ein wirtschaftlich unwesentlicher Fraß auf. Interessant hierbei ist, daß der Fraß 1973 höher war als 1972. Dies dürfte darin begründet sein, daß im Frühjahr 1973 die in den Stöcken auf der Kulturfläche sich entwickelten Käfer vor dem Abwandern zu frischen Stöcken teilweise ihren Reifungsfraß machten. Die Fraßintensität wurde in diesem Fall nicht gesondert aufgenommen, da es sich im wesentlichen nur um Fraßspuren handelte. Dies ist auch aus dem geringen Prozentsatz des Todfraßes ersichtlich.

3.4223 Fraßschaden in Abhängigkeit von der Baumart

Der Prozentsatz der befallenen Pflanzen an der Gesamtpflanzenzahl war, gemessen am Mittelwert der 4 Kontrollreihen zwischen Fi (76 %) und Kie (63 %), nur geringfügig unterschieden und statistisch nicht gesichert. Der Unterschied könnte am Größenunterschied der beiden verwendeten Pflanzenarten liegen, denn nach EIDMANN (1970) befällt *H. abietis* bevorzugt stärkere Pflanzen. Für die Praxis spielen aber derartig geringe Differenzen in der Pflanzartenwahl nur eine geringe Rolle.

Wesentlich aussagekräftiger ist der Prozentsatz des Todfraßes im Verhältnis zur Gesamtpflanzenzahl.

Tab. 7 Prozentsatz des Todfraßes an der Gesamtpflanzenzahl in den Kontrollreihen

Reihe	Fi				Kie			
	1	7	8	13	1	7	8	13
Block 1	0	20	10	10	36	30	22	25
Block 2	5	15	20	19	43	33	39	26
Block 3	0	20	25	0	21	26	27	39

Die errechneten Mittelwerte von Fi mit 12.0 % und der von Kie mit 30,6 %, deren Unterschiede statistisch gesichert sind, legen dar, daß eine Kiefernkultur weitaus mehr durch *H. abietis* gefährdet ist als eine Fichtenkultur. Neben der Tatsache, daß bei einer 2j. Kie allein durch ihre geringere Stammoberfläche wesentlich schneller Todfraß eintritt als bei einer 4j. Fi, ist auch das Ausheilungsvermögen der Plätzfraßwunden bei der Fi größer. EIDMANN (1970) stellte fest, daß die größten Ki in seinen Versuchen bei gleichem Fraß empfindlicher reagierten als die kleinsten Fi und ihre Sterblichkeit höher war. Vom waldbaulichen und wirtschaftlichen Standpunkt kommt hinzu, daß eine Nachbesserung einer 2j. Kiefernkultur wegen des schnelleren Jugendwachstums der Kie im nächsten Jahr nur mehr schwer möglich ist. Das gewünschte Ziel einer gleichmäßig geschlossenen Kiefernkultur ist hier u.U. nicht mehr erreichbar.

Gleichzeitig machen die Kontrollreihen deutlich, daß der Fraß nicht kontinuierlich über die Fläche verteilt ist, obwohl die Fläche vom Standort und der Lage her äußerlich homogen ist. Über die dadurch entstehende Problematik bei Wirksamkeitsvergleichen von Bekämpfungsmaßnahmen berichtet bereits ausführlich SCHMIDT (1932).

3.4224 Vergleich der Wirksamkeit der Insektizide Allgemeines

Wie bereits oben erwähnt, ist nach den Kontrollreihen, die z.T. erhebliche Fraßunterschiede aufwiesen, auch bei den mit Insektizid behandelten Pflanzenreihen mit erheblichen Unterschieden im Befallsgrad zu rechnen, und demgemäß ließen sich trotz des großen Versuchsaufwandes nur wenig exakte Ergebnisse erbringen. Als Anforderung ist an ein Insektizid, wie eingangs erwähnt, zu stellen, daß die Wirkung mindestens 3 Monate anhält. Bei den vorliegenden Versuchen ist hierzu zu bedenken, daß gemäß Tab. 5 etwa 50 % des Hauptfraßschadens bereits während des ersten Monats und weitere 30 % im 2. Monat nach dem Tauchen auftraten. Die nachstehend aufgeführten, parallel zu den Freilandversuchen laufenden Laborversuche

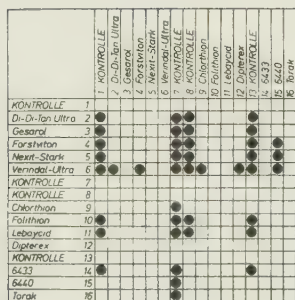
Tab. 8 Verteilung des Fraßschadens nach Schadensklassen in absoluten Pflanzenzahlen

	Fichte Schadklasse						Kiefer Schadklasse					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
Kontrolle 1	19	1	9	4	23	1	45	4	6	7	24	42
Di-Di-Tan- Ultra	33	10	12	3	2	0	46	8	10	9	26	12
Gesarol	25	9	12	6	7	1	50	9	8	9	11	11
Forstviton	25	7	8	8	9	0	66	8	6	4	23	13
Nexit-Stark	36	8	5	5	6	1	70	2	8	2	9	7
Verindal- Ultra	51	1	5	2	1	0	77	6	6	6	14	3
Kontrolle 2	12	3	7	5	20	11	47	3	14	6	26	31
Kontrolle 3	5	0	4	10	30	11	53	2	4	3	20	34
Chlorthion	15	6	9	10	17	2	45	5	8	13	30	16
Folithion	15	8	10	6	12	4	56	7	10	13	16	11
Lebaycid	16	7	9	8	19	2	59	9	6	8	22	11
Dipterex	16	8	10	10	14	1	50	4	7	8	14	22
Kontrolle 4	20	2	10	7	19	4	43	7	5	8	18	34
6433 I	20	6	5	9	16	2	64	6	10	11	15	10
6440	21	6	10	9	10	2	50	5	7	5	25	15
Torak	28	3	6	9	10	2	59	1	12	8	16	15

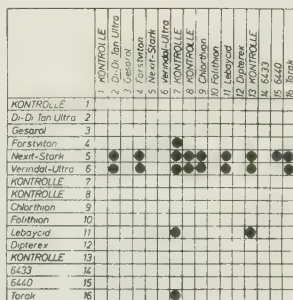
1 22 1

bestätigten und ergänzten aber die Angaben über die Wirkung. Daß insgesamt gesehen diese Freilandversuche nur Anhaltspunkte geben, geht z.B. auch daraus hervor, daß die Ergebnisse (s. Tabellen) einiger Kontrollreihen statistisch unterschiedlich zu jenen anderer Reihen sind.

Die Häufigkeitsverteilung wurde statistisch durch EDV mit dem χ^2 -Test geprüft, und zwar wurde jede Reihe gegen die andere geprüft. Da die Zahl der Freiheitsgrade bei 6 Werten und jeweils 2 Mitteln 5 ist, sind die χ^2 -Verteilungen bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % bei einem Wert von 11.1. signifikant. In der Übersichtstafel (Abb. 2) wurden alle Werte als Punkt eingetragen, deren



Fichte



Kiefer

Abb. 2: Übersichtstafel der statistisch gesicherten Unterschiede (χ^2) in der Schadklassenverteilung. Die Punkte sind den Mitteln auf der linken Seite zugeordnet, deren Fraßschäden geringer sind.

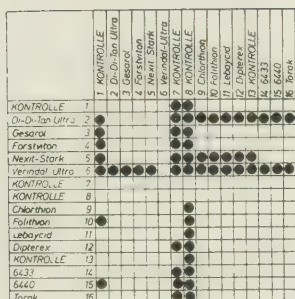
χ^2 im Vergleich zu den anderen Mittel signifikant ist. Die Punkte wurden den Mitteln auf der linken Seite zugeordnet, deren Fraßschäden offensichtlich niedriger sind.

Die Zuordnung der Mittel und der Kontrollen zueinander entspricht der Versuchsanordnung. Als Ergebnis zeigte sich bei der Baumart Fi, daß nur die DDT- und Lindanhaltigen Mittel gegenüber allen Kontrollreihen gesicherte statistische Unterschiede erbrachten. Bei Kie waren dies neben DDT und Lindan auch die Mittel Folithion, Lebaycid und 6433 I. Ein Wirkungsvergleich der Mittel untereinander ergab nur einige gesicherte Unterschiede zwischen dem Lindan und anderen Mitteln.

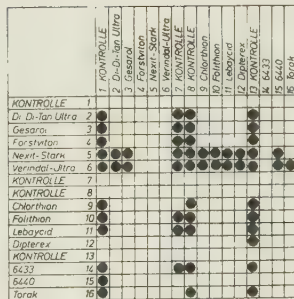
Vergleich der Prozentzahlen der betreffenden Pflanzen und des Todfraßes an der Gesamtpflanzenzahl (Tab. 9).

Tab. 9 Prozentsatz der befallenen Pflanzen und des Todfraßes im Verhältnis zu den Gesamtpflanzen, gemittelt aus den Versuchsreihen der 3 Blöcke.

Insektizid	Prozentsatz der befallenen Pflanzen		Prozentsatz des Todfraßes	
	Fi 4j.	Kie 2j.	Fi 4j.	Kie 2j.
Kontrolle 1	68	63	2	33
Di-Di-Tan Ultra	45	59	0	11
Gesarol	59	48	2	10
Forstviton	56	52	0	11
Nexit-Stark	42	28	2	7
Verindal-Ultra	16	33	0	3
Kontrolle 2	79	69	18	30
Kontrolle 3	92	55	18	29
Chlorthion	74	61	3	14
Folithion	81	50	8	9
Lebaycid	74	50	3	11
Dipterex	73	53	0	21
Kontrolle 4	67	63	10	30
6433 I	62	42	0	8
6440	66	48	3	19
Torak	50	50	3	14

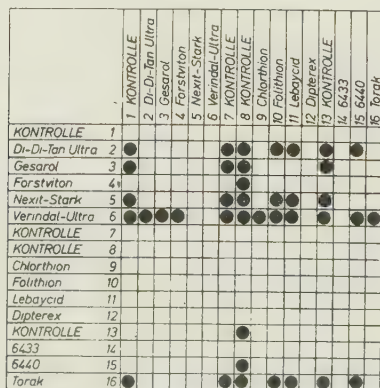


Fichte



Kiefer

Abb. 3: Übersichtstafel der statistisch gesicherten Unterschiede des Anteils der befallenen Pflanzen. Die Punkte sind den Mitteln auf der linken Seite zugeordnet, deren Anteil geringer ist



Kiefer

Abb. 4: Übersichtstafel der statistisch gesicherten Unterschiede im Prozentsatz des Todfraßes. Die Punkte sind den Mitteln auf der linken Seite zugeordnet, deren Prozentsatz geringer ist.

Zur Überprüfung dieser Ergebnisse wurden in einem paarweisen Mittelwertvergleich der Prozentsatz der befallenen Pflanzen sowie der Prozentsatz der durch Todfraß vernichteten Pflanzen im Verhältnis der Gesamtpflanzenzahl sowohl bei Fi und Kie statistisch geprüft. Bei diesem Vergleich, der ebenfalls durch EDV errechnet wurde, wird zunächst die Gleichheit der Varianzen der zu vergleichenden Testreihen mit dem BARTLETT-Test überprüft. Bei gleichen Varianzen werden die Mittelwerte der 3 Blöcke durch einen t-Test verglichen, bei ungleichen Varianzen durch den Aspin-Welch-Test. Die statistisch gesicherten Unterschiede (5 % Irrtumswahrscheinlichkeit) wurden ebenfalls in eine Übersichtstafel eingetragen (Abb. 3u.4). Jeder schwarze Punkt bedeutet, daß ein gesicherter Unterschied besteht, und zwar ist der Prozentsatz des links stehenden Mittels niedriger als der des oben stehenden Mittels. Der Prozentsatz des Todfraßes bei Fi ergab, wahrscheinlich wegen der zu niedrigen Pflanzenzahl, keine sicheren Ergebnisse. Dies zeigt sich z.B. daran, daß selbst bei einer Kontrollreihe in einem Fall nur 2 % Todfraß war.

Ergebnisse

Bei der Tab. 9 Todfraß im Prozentsatz zur Gesamtpflanzenzahl bei Kie zeigten nur die Mittel Di-Di-Tan-Ultra, Nexit-Stark und Verindal-Ultra sowie das Mittel Torak eindeutige Werte gegenüber den Kontrollen. Beim Prozentsatz der befallenen Pflanzen war nur Nexit-Stark und Verindal-Ultra bei Kie sowie bei Fi die Mittel Di-Di-Tan-Ultra, Gesarol, Forstviton, Nexit-Stark, Verindal-Ultra und die bereits beim χ^2 -Test erwähnten Mittel Folithion, Lebaycid und 6433 I statistisch gesichert besser als die Kontrollen.

Wirkungsvergleich zwischen Obstabil und Di-Di-Tan-Ultra im Freilandversuch 1973

Nachdem sich 1972 in Vorversuchen das Insektizid Obstabil mit dem Wirkstoff Tetrachlorvinphos als aussichtsreich erwies, wurde es 1973 im Freilandversuch mit dem Vergleichsmittel Di-Di-Tan-

Ultra ausgebracht. Die Versuchsanlage und Versuchsanordnung war analog dem Großversuch von 1971. Es wurden 5j. verschulte Fi verwendet. Die Fläche war im Gegensatz zu der von 1971 sehr stark von Rüsselkäfer befallen.

Tab. 10 Verteilung des Fraßschadens nach Schadenklassen
Die Zahlen sind absolute Pflanzenzahlen

Schadensklasse	0	1	2	3	4	5
Di-Di-Tan-Ultra 1 %	70	26	31	14	2	3
Obstabil 6,5 %	65	33	31	12	5	4
Kontrolle	23	11	19	19	38	21

Der χ^2 -Test der Schadensverteilung nach Schadenklassen ergab eine statistisch sehr gut gesicherte Wirkung für Di-Di-Tan-Ultra und Obstabil gegenüber den Kontrollen. Zwischen den Mitteln bestand kein Unterschied. Auch der paarweise Mittelwertvergleich des Prozentsatzes der befallenen Pflanzen und des Todfraßes brachte dasselbe Ergebnis: gesicherte Wirkung beider Mittel; kein Wirkungsunterschied der Mittel

Tab. 11 Prozentsatz der befallenen Pflanzen und des Todfraßes

	befallene Pflanzen	Todfraß
Di-Di-Tan-Ultra	51	3
Obstabil	57	3
Kontrolle	82	18

Bemerkenswert ist hier wiederum, daß der Prozentsatz der befallenen Pflanzen sich zwar statistisch unterschied, trotzdem aber 60-70 % der Kontrolle (100 %) erreichte, während der Todfraß mit rd. 16 % gegenüber der Kontrolle sehr gering war.

3.4225 Wirkung von DDT und Lindan in Mischung mit Agricol

Material und Methode

Agricol wird zur Wurzelschutzbehandlung ausgehobener Pflanzen verwendet. Die geleeartige Konsistenz ermöglicht die Aufnahme einer rd. 4-fach höheren Wassermenge als normal im Wurzelgeflecht der Pflanzen und verhindert dadurch das Austrocknen der Wurzeln. Die Tauchung erfolgt mit der Wurzel bis einschließlich Wurzelhals. Auf Anregung der Bayer. Landesanstalt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht wurde 1973 eine Mischung von DDT (Di-Di-Tan-Ultra 0,5 %) und Lindan (Verindal-Ultra 0,5 %) in Agricol 0,8 % gegen *H. abietis* getestet.

Die Versuchsfläche war in Abt. Lutringerberg und entsprach in der Anordnung den anderen Freilandversuchen (Versuchspflanzen Fi 4j.). Zum Vergleich wurden verwendet: Di-Di-Tan-Ultra 0,5 % und Verindal-Ultra 1 % in der üblichen Tauchung vom Sproß bis zum Wurzelhals.

Ergebnisse

Die Auswertung nach Schadensklassen ergab (Tab. 12), daß alle

Tab. 12 Verteilung der Schadklassen in absoluten Pflanzenzahlen

	Schadklassen					
	0	1	2	3	4	5
Di-Di-Tan-Ultra 0,5 %	16	3	18	8	7	1
Di-Di-Tan-Ultra 0,5 % + Agricol 0,8 %	23	17	17	10	6	-
Verindal-Ultra 0,5 %	15	4	16	8	10	-
Verindal-Ultra 0,5 % + Agricol 0,8 %	37	5	8	3	-	-
Kontrolle	11	10	8	17	25	5

Versuchsreihen gegenüber unbehandelt signifikant weniger geschädigt waren. Innerhalb der Versuchsreihen erwies sich Verindal-Ultra + Agricol signifikant besser, als die anderen Mittel und Mischungen.

Die mit Verindal-Ultra + Agricol behandelten Pflanzen zeigten Pflanzenschäden in allen Versuchsreihen, okular festgestellt durch Gelbfärbung der Nadeln und teilweisen Nadelausfall. Eine letale Schädigung trat aber nicht ein. KOENIG (1972), der ebenfalls in seine Versuche Agricol in Mischung mit Lindan einbezog, erwähnt im Gegensatz zu diesen Feststellungen nichts von Pflanzenschäden.

Diskussion der Ergebnisse

Die Mischung von DDT und Lindan in Agricol zeigte bei DDT gute Ergebnisse. Bei Lindan traten Pflanzenschäden auf.

Der entscheidende Nachteil, der gegen eine Mischung von Insektiziden mit Agricol spricht, ist in toxikologischen Erwägungen begründet. Denn neben der Person, die die Pflanzen taucht, kommen auch die Kulturarbeiter(innen) mit der hochkonzentrierten geleeartigen Masse in Berührung, die sich z.B. von Kleidungsstücken nur schwer entfernen läßt. Bei der normalen Tauchung ist diese Gefahr weitaus geringer, da der Giftbelag fest an der Pflanze angetrocknet ist. Durch die Verwendung von Pflanzmaschinen, die aber in Bayern bisher kaum Verwendung fanden, könnten die obigen Bedenken ausgeräumt werden. Hierzu sind aber neue Versuche notwendig.

3.4226 Prüfung der Insektizide auf Unschädlichkeit für die Pflanze

An getauchten Pflanzen, die im Pflanzgarten verschult wurden, wurde nach Abschluß der Vegetationsperiode durch Messung der Sproßlängen jeweils an 30 Pflanzen (15 Fi, 15 Kie) eine Prüfung auf Unschädlichkeit der Insektizide durchgeführt. Dabei konnten in keinem Fall ein Unterschied gegenüber unbehandelt festgestellt werden. Auch okular, nach Aussehen und Färbung der Nadeln, war kein Unterschied feststellbar. Bei Tauchung bis zum Wurzelhals ohne Benetzung der Wurzeln zeigte sich demnach, daß alle Mittel

pflanzenverträglich sind.

Bei der Mischung mit dem zur Wurzelbehandlung verwendeten Agricol, bei der die Wurzeln mit dem Insektizid in Berührung kommen, schädigte Lindan in hohen Dosierungen die Pflanzen (4j. Fi), während DDT keinen Einfluß zeigte. Weitere Insektizide und andere Pflanzenarten wurden in dieser Behandlungsform nicht getestet.

3.423 Diskussion der Freilandversuche

Die Gesamtbeurteilung der Freilandversuche zum chemischen Schutz von Pflanzen gegen *H. abietis* ergibt folgendes:

Der Fraßschaden beschränkt sich im wesentlichen auf die Monate Mai, Juni und Juli mit Schwergewicht im Mai. Er war trotz gleicher Standortsverhältnisse aus nicht geklärten Ursachen auf der Fläche ungleichmäßig verteilt.

Es bestand kein nachweisbarer Unterschied im Befallsgrad zwischen 2j. Kie und 4j. Fi. Der Todfraß war bei Kie wesentlich höher als bei Fi.

Von den getesteten Mitteln zeigten nur die Lindan-, DDT- und Tetrachlorvinphos-haltigen Mittel in den meisten Varianten statistisch gesicherte bessere Ergebnisse als die Kontrollen, wobei Lindan zumeist auch gegenüber DDT statistisch gesichert besser wirkte. Zu bedenken ist hierbei aber, daß der Hauptfraß im 1. Monat nach der Tauchung war und damit im wesentlichen nur die Dauwirkung über einen Monat geprüft wurde. Bei der Baumart Kie wurde sowohl bei DDT, wie in geringerem Maße auch bei Lindan, Todfraß über 5 % registriert.

Pflanzenschäden wurden bei der Tauchung des Sprosses bis zum Wurzelhals nicht beobachtet.

3.43 Laborversuche

3.431 Allgemeines

Es zeigte sich, wie oben beschrieben, daß Freilandversuche nur in einem sehr aufwendigen Rahmen gesicherte Ergebnisse erbringen. Für einen exakten Mittelvergleich konnten durch meine Versuche

nur Anhaltspunkte gewonnen werden. Die Schwierigkeiten waren vor allem im räumlich und zeitlich ungleichmäßigen Befall der Versuchsflächen durch *H. abietis* begründet. Es erwiesen sich daher ergänzende Laborversuche unter standardisierbaren Bedingungen als notwendig.

3.432 Material und Methode

Herkunft und Haltung der Käfer

Die Käfer wurden laufend in Münchsmünster während der Vegetationsperiode an Fangrinden gefangen und in Gläsern mit Futterbeigabe bei 10-12°C aufbewahrt. Etwa alle 1-2 Wochen wurden sie ins Labor geholt und, falls möglich, sofort zu Versuchen verwendet. Die übrigen Käfer kamen unter Beigabe von frischen Nahrungs-(Kie) Zweigen in den Kühlschrank bei 3-5°C, um durch die Kälte ihre Aktivität zu dämpfen. Es gelang dadurch, die Käfer bis zu 8 Monaten ohne nennenswerte Mortalitätsverluste zu halten. Für Versuche wurden aber nur Käfer verwendet, die maximal 40 Tage künstlich gehalten waren, denn es wurde festgestellt, daß die Insektizidempfindlichkeit nach 60-80 Tagen Gefangenschaft zunimmt. Die Käfer wurden nicht unterschieden nach Jungkäfern und Altkäfern. Als Altkäfer werden die Imagines bezeichnet, die bereits im letzten Sommer einen Reifungsfraß und eine Kopulation, bzw. Eiablage gemacht haben. Ihr Prozentsatz liegt (EIDMANN, 1971) meist unter 10 % und kann daher als unwesentlich vernachlässigt werden. Bei jedem Versuch, falls nicht gesondert angegeben, wurde dieselbe Anzahl von ♂♂ und ♀♀ verwendet. Die Anzahl der Käfer betrug pro Versuch 20-40 Stück und war unterteilt in jeweils 2 Parallelversuche, die sich bis auf wenige Ausnahmen, die erläutert werden, nur unwesentlich im Mortalitätsverlauf unterschieden.

Fraßmaterial für die Versuche

Großenteils wurden für die Versuche Pflanzen aus Münchsmünster geholt, die im Frühjahr getaucht waren und anschließend im Pflanzgarten eingepflanzt wurden. Der Pflanzgarten liegt etwa 1-2 km von den Freilandversuchsflächen entfernt und hat vergleichbare Standortsverhältnisse. Teilweise wurden auch Kiefernzweige von stehenden Bäumen verwendet, die bei München in Schleißheim mit Insektiziden getaucht worden waren. Die Herkunft des Fraßmaterials sowie der Zeitpunkt der Tauchung ist jeweils bei den Versuchen angegeben.

Versuchsanlage

Die Käfer wurden mit der Nahrung (unterer Stammteil von Pflanzen, bzw. Kiefernzweige ohne Nadeln) in Zwölfer-Hygrostatenschalen gebracht. Den Boden des Glaseinsatzes bildete eine fliegengitter-ähnliche Gaze aus Kunststoff mit der viereckigen Maschenweite von 1.5 mm. Um ein Entweichen der Käfer zu verhindern und um einen Luftaustausch mit der Umgebung zu ermöglichen, schloß dieselbe Gaze die Schale oben ab. Da die Luftfeuchtigkeit im Labor (30-40 % rel.) nicht den natürlichen Verhältnissen entsprach, wurden die Schalen in Zuchtgläser gestellt und oben mit einem Glasdeckel weitgehend abgedeckt. Durch eine neben das Zuchtglas gestellte Schale Wasser wurde die Luftfeuchtigkeit auf 70-95 % erhöht, die den Verhältnissen in Bodennähe am ehesten entspricht. Sie wurde überprüft durch einen Hygrometer. Die Temperatur lag meist zwischen 23° und 25°C.

Täglich wurde die Mortalität festgestellt und wurden die toten Käfer aus den Schalen entfernt. Als Mortalität wurde der sogenannte Knockout-Zustand (UNTERSTENHÖFER, 1970) bezeichnet. Er ist gekennzeichnet durch äußerliche Bewegungsunfähigkeit. Andere Maßstäbe, wie z.B. eine irreversible Rückenlage, sind bei dem sehr giftstabilen *H. abietis* zu sehr von subjektiven Eindrücken abhängig.

In Anbetracht, daß nach Voruntersuchungen z.T. bereits mehrere Tage vor einer 100 %igen Mortalität der Fraß aufhört, wurde neben der Mortalität in einigen Versuchen ein Fraßindex ermittelt. Er basiert auf den Rückständen, die durch das Kunststoffgitter auf den Boden der Schale fallen. Dies sind neben dem gewichtsmäßig

unbedeutenden Kot vor allem die Rindenreste, die durch den Plätzefraß der Käfer abfallen. Das Gewicht dieser Rückstände stellte ein relativ gutes Maß für die Fraßtätigkeit dar. Die Abweichungen der einzelnen Reihen betrugen im allgemeinen nicht mehr als ± 15 , max. 25 %. Zu beachten war jedoch, daß das verfütterte Pflanzmaterial möglichst einheitlich sein mußte. Die Fraßtätigkeit wurde jeden 2. Tag gemessen.

Auswertung

Die Ergebnisse wurden in Tabellen und Abbildungen zusammengefaßt. Bewußt verzichtet wurde zum Vergleich der Mittel untereinander auf den Vergleich von Wirkungsgraden. Denn sowohl der Wirkungsgrad von ABBOT (1925) wie auch andere Indices, z.B. Toxizitätsindex und Giftwirkungszeit-Index (UNTERSTENHÖFER, 1970) fordern zur Vergleichbarkeit gleiche Wirkungsmechanismen. Wie aber aus den Fraßindices hervorgeht, war der Mortalitätsverlauf bei den verschiedenen Mitteln nicht mit dem Fraß korreliert. Hinzu kommt, daß eine Standardisierung der Versuche nur beschränkt durchführbar war. Denn neben der großen Varianzbreite der Hylobius-Population, ist das aufgenommene Giftdepot/Pflanze, wie unten dargestellt, mit großer Streubreite versehen. Zur graphischen Darstellung der Mortalitätskurven wurde in einigen Fällen die Kurven durch eine Probit-Analyse in eine Gerade transformiert. Bei dieser Regressionsanalyse (durch EDV durchgeführt), wird die Mortalität auf der Ordinate in probits (probability unit) angegeben und die Zeit auf der Abszisse logarithmisch aufgetragen.

Verwendete Insektizide

Nach den Freilanduntersuchungen zeigten nur die Mittel mit den Wirkstoffen DDT und Lindan bei den chlorierten Kohlenwasserstoffen und das Mittel Obstabil mit dem Wirkstoff Tetrachlorvinphos unter den Phosphorsäureestern eine befriedigende Dauerwirkung. Zur Anwendung kamen deshalb in den Laborversuchen folgende Präparate:

Tab. 13 Verwendete Mittel für Laboruntersuchungen v. *H. abietis*

Wirkstoff	Wirkstoffgehalt %	Handelsname
DDT	80 %	Di-Di-Tan-Ultra
Lindan	80 %	Nexit-Stark
Tetrachlorvinphos	75 %	Obstabil

Alle 3 Mittel sind als Spritzpulver formuliert und ergeben mit Wasser als Trägerstoff eine Suspension.

Als Ergänzung zu den Freilandversuchen werden in Kapitel 3.4336 "Wirkungsdauer der Insektizide" auch die übrigen Mittel in einem Labortest einbezogen.

3.433 Ergebnisse

3.4331 Allgemeines

Im Gegensatz zu anderen Labortieren, die weitgehend durch Züchtung unter gleichen Bedingungen standardisierbar sind, war die hier verwendete Freilandpopulation sicher sehr uneinheitlich. Die individuelle Anfälligkeit durch die verschiedenen Einflüsse während ihrer Larvenzeit (z.B. an Kie oder an Fi) konnte, zumal pro Versuch nur wenig Material zur Verfügung stand, nicht ausgeschaltet werden. Aus diesem Grund wurde z.B. auf eine exakte Bestimmung des Toxizitätswertes (LD 50) verzichtet.

Wirkungsmechanismus der Insektizide

PERKOW (1971) beschreibt den Wirkungstyp der 3 Wirkstoffgruppen folgendermaßen:

DDT: Insektizid mit Berührungs- und Fraßgiftwirkung;

Lindan: Insektizid mit Fraßgift-, Atemgift- und Berührungsgiftwirkung

Tetrachlorvinphos: Insektizid mit Berührungs- und Fraßgiftwirkung.

Um zu prüfen, inwieweit diese einzelnen Komponententatsächlich wirkten, wurde rundes Filtrierpapier mit einem Durchmesser von 18 cm

in eine 1 %ige und eine 0,1 % Wassersuspension der 3 Mittel getaucht. Nach dem Abtropfen und Abtrocknen wurde durch Gewichtsmessung (abzüglich der vergleichbaren Wasserrückstände) der Gehalt an Insektizid ermittelt. Anschließend wurde das Filterpapier in eine mit Gaze bedeckte Petrischale gelegt und belüftet, um eine Atemgiftwirkung, die im Freiland sicherlich eine nur unwesentliche Rolle spielt, auszuschalten. Auf dieses Filtrierpapier wurden Käfer ohne Futter gesetzt. Nach 24stündiger Einwirkungszeit wurden die noch lebenden Tiere auf frisches Futter umgesetzt.

Der Insektizidgehalt der 3 Mittel betrug bei einer 1 %igen Lösung zwischen 0.18 und 0.23, im Durchschnitt 0.2 mg/cm^2 und bei der 0.1 %igen Lösung zwischen 0.016 und 0.02, im Durchschnitt $0.018 \text{ mg/cm}^2 = 0.02 \text{ mg}$. Um die Größenordnung zu veranschaulichen: 0.2 mg/cm^2 entsprechen 20 kg/ha , bzw. 0.02 mg/cm^2 2 kg/ha .

Tab. 14 Mortalität in % bei *H. abietis* bei Versuchen zur Kontaktgiftwirkung auf Filterpapier bei 24stündiger Einwirkungs-
dauer

N = 20 $\uparrow$
6

Mittel	mg/cm ²	1	2	3	4	5	6
Di-Di-Tan-Ultra	0.2	90	100				
Nexit-Stark	0.2	100					
Obstabil	0.2	70	95	100			
Di-Di-Tan-Ultra	0.02	0	0	0	0	0	0
Nexit-Stark	0.02	0	0	0	0	0	0
Obstabil	0.02	0	0	0	0	0	0
Kontrolle		0	0	0	0	0	5

Die Ergebnisse zeigen deutlich, daß erst bei relativ hohen Konzentrationen eine Kontaktgiftwirkung auftrat.

Um einen Anhaltspunkt zu finden, in welcher Größenordnung bei Pflanzen ein Wirkstoffdepot durch die Tauchung aufgebaut wird, wurde folgender Versuch unternommen:

Jeweils 10 Abschnitte, 10 cm lang, aus dem unteren Stammteil von 4j. Fi und 2j. Fie wurden nach Entfernung der Nadeln in Wasser getaucht. Die Menge des aufgenommenen Wassers wurde nach dem Abschütteln durch Gewichtsvergleich ermittelt. Die Umrechnung auf die Oberfläche ergab den Wassergehalt/cm². Er variierte bei der Fichte (Stämmchendurchmesser zwischen 7.8 und 11.2. mm) zwischen 19.4 mg/cm² und 29.8/cm², im Durchschnitt 23.4 mg/cm², bei der Kiefer (Durchmesser zwischen 4.9 und 6.8 mm) zwischen 9.8 und 16.0 mg/cm², im Durchschnitt 11.9 mg/cm². Die Unterschiede zwischen der Aufnahmefähigkeit der Fichten- und Kiefernrinde beruht auf der unterschiedlichen Struktur. Während die Fi-Rinde bereits mit 2-3 Jahren ausgeprägte Rindenschuppen hat, die eine schwammartige Wirkung haben, ist die Kie-Rinde fast vollkommen glatt. Die Umrechnung auf eine Insektizidbrühe von 1 % ergibt aber sowohl für Fi mit 0.23 mg/cm² Insektizid und für Kie mit 0.12 mg/cm² Werte, die gemäß der Tabelle 14 im Bereich der Kontaktgiftwirkung liegen.

3.4332 Mortalität in Abhängigkeit von der Konzentration des Insektizids

Die Tabelle 15 zeigt, daß die submortale Konzentration bei Di-Di-Tan-Ultra etwa bei 0.05 % lag, während sie bei Nexit-Stark zwischen 0.05 und 0.01 und bei Obstabil zwischen 0.5 und 0.1 betrug. Aus dem Fraßindex des lebenden Einzelkäfers ist zu ersehen, daß bei allen 3 Mitteln keine merkbare Repellentwirkung, gekennzeichnet durch einen geringen Fraßindex während der ersten 2 Tage, vorhanden war. Die Unterschiede lagen innerhalb des Fehlerbereiches (s.o.). Deutliche Anzeichen einer subletalen Vergiftung zeigten sich bei der Konzentration Di-Di-Tan-Ultra 0.05 %. Der Fraßindex ging sehr stark zurück und erreichte erst nach der Umsetzung auf frisches Futter allmählich wieder normale Werte. Derselbe Effekt war in abgeschwächter Form auch bei Obstabil 0.05 % zu beobachten. Die bereits oben getroffene Feststellung, daß bereits vor der Mortalität der Fraß zurückging, wird erhärtet durch die Reihe Nexit-Stark 0.05 %, bei der bereits 10 Tage vor dem restlosen Absterben der Tiere der Fraß sich auf die Hälfte gegenüber der Kontrolle reduzierte und 4 Tage vorher kein meßbarer Fraß mehr stattfand.

Tab. 15 Mortalität und Fraßindex/Käfer bei *H. abietis* in Abhängigkeit von der Konzentration, Versuch v. 5.7.73

Fraßindex in % der Kontrolle (100 %)

Ansatz der Käfer an das Futter (Kie-Zweige) 24 Std. nach
Begiftung

Ab 6. Tag und ab 10. Tag frisches, unbegiftetes Futter

[illegible]

3.4333 Mortalität in Abhängigkeit vom Geschlecht der Käfer

In einem Artikel über geschlechtsgebundene Insektizidempfindlichkeit weist SCHINDLER (1964), nach, daß männliche Tiere der Arten *Melontha hippocastani* und *Otiorrhynchus niger* sich gegenüber chlorierten Kohlenwasserstoffen und Phosphorverbindungen als wesentlich anfälliger erwiesen als Weibchen. Bei *H. abietis* erwies sich durch die Untersuchungen von EIDMANN u. NOVÁK (1970), daß keine gravierenden Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtern bestehen. Nur unreife Jungkäfer zeigen stärkere Unterschiede zwischen ♂♂ und ♀♀, die aber die praktische Bekämpfung kaum berühren. Meine Versuche mit niedrigen Dosierungen bestätigten die Angaben.

Tab. 16 Mortalitätsverlauf in % bei 14-tägiger Beobachtungsdauer in Abhängigkeit vom Geschlecht b. *H. abietis*
Kie-Zweige getaucht am 8.7.73, Käfer angesetzt am 9.7.73
ab 10. Tag frisches Futter

		N = 20						
Mittel		2	4	6	8	10	12	14
Di-Di-Tan-Ultra 0.075 %	♂			15	30	50	70	100
	♀					10	60	90
Mexit-Stark 0.075 %	♂			15	20	55	85	100
	♀			10	35	55	80	95
Obstabil 0.075 %	♂	10	35	70	80	85	90	100
	♀	10	10	35	65	90	100	
Kontrolle	♂	0	0	0	10	15	20	20
	♀	0	0	0	0	10	20	25

Obwohl anscheinend bei Di-Di-Tan-Ultra und bei Nexit-Stark die Mortalität der ♀♀ gegenüber den ♂♂ verzögert einsetzte, sind die Unterschiede nicht gesichert und haben für die Praxis keine Bedeutung.

3.4334 Mortalität in Abhängigkeit von der Temperatur

Der Wirkstoff DDT hat im Gegensatz zu den anderen Insektiziden einen negativen Temperaturkoeffizienten, gekennzeichnet durch eine zunehmende Wirkung bei abnehmenden Temperaturen.

GUTHRIE (1950), applizierte DDT auf das Sternum von Küchenschaben (*Phyllodromia germanica*) und ermittelte durch die Bestimmung der LD 50 nach 5 Tagen, daß die Wirkung bei 22°C um etwa das 6-fache höher lag als bei 14.5°C. Denselben Effekt zeigten Versuche bei Imagines des Kornkäfers (*Calandra granaria*), (TOMASZEWSK und GRUNDER, 1951), wobei aber hier der Unterschied erst ab 23°C deutlich in Erscheinung trat, und zwar sank die Mortalität zwischen 15° und 23°C nur von 86 % auf 79 %, während sie zwischen 23°C und 30°C von 79 % auf 46 % gemindert wurde.

Tab. 17 Mortalitätsverlauf bei *H. abietis* sowie Fraßindex/Käfer bei 14-tägiger Beobachtungsdauer in Abhängigkeit von der Temperatur (5.7.73)

Mittel: Di-Di-Tan-Ultra 0.05 % (Tauchung von Kie-Zweigen)

Ansatz der Käfer: 24 Stunden nach Tauchung

Ab 6. Tag und ab 10. Tag frisches unbegiftetes Futter

		N = 20							
Di-Di-Tan-Ultra 0.05 %		2	4	6	8	10	12	14	16
25°C	Mortalität	0	0	15	30	40	45	50	60
	Fraßindex mg/Käfer	13.1	6.8	6.4	7.9	8.4	10.6	7.8	9.5
	in % der Kontrolle	96	55	56	62	69	78	80	102
	Kontrolle	0	0	0	0	0	0	5	10
	Mortalität %								
	Fraßindex/mg Käfer	13.7	12.4	11.5	12.8	12.1	13.6	9.8	9.4
Di-Di-Tan-Ultra 0.05 %		2	4	6	8	10	12	14	16
5°C	Mortalität %	0	0	0	10	30	45	45	45
	Fraßindex mg/Käfer	6.1	4.0	3.7	3.1	3.1	3.5	3.7	3.4
	in % der Kontrolle	81	65	71	41	50	58	62	64
	Kontrolle								
	Mortalität %	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fraßindex mg/Käfer	7.5	6.2	5.1	7.6	6.2	6.0	6.0	5.3

Die Kontrollreihen der Tab. 17 zeigen zunächst, daß der Fraß bei sinkender Temperatur stark zurückging. Dies stimmt mit CHRISTIANSEN u. BAKKE (1968) überein, die für die Imagines von *H. abietis* eine Vorzugstemperatur von 19-28°C feststellten.

Gemäß obigen Ausführungen beruhte die Wirkung von Di-Di-Tan-Ultra in diesen niedrigen Dosierungen fast ausschließlich auf Fraß. Trotzdem die aufgenommene Fraßmenge bei 15°C weitaus geringer war, blieb die Mortalität fast die gleiche. Der Fraßindex scheint sogar auf eine stärkere Vergiftung hinzuweisen. Leider wurde aus Mangel an Versuchstieren kein Vergleichsversuch mit den anderen Insektiziden und anderen Konzentrationen unternommen. Inwieweit und ob diese Fragen für den praktischen Einsatz, bei der die Konzentration um das Zehnfache höher ist, eine entscheidende Rolle spielen, ist erst in weiteren Versuchen zu klären.

3.4335 Wirkungsdauer des Insektizidbelages

3.43351 Allgemeines

Die Wirkungsdauer ist für die Rüsselkäferbekämpfung, wie bereits oben erwähnt, bei der vorbeugenden Tauchung der Pflanzen der entscheidende Faktor. Es muß verlangt werden, daß der Insektizidbelag mindestens 3 Monate wirksam ist und Fraßschäden weitgehend verhindert.

Im Gegensatz zu fast allen anderen Insektizidbekämpfungen auf lebenden Pflanzen ist bei der vorbeugenden Tauchung gegen *H. abietis* wesentlich, daß die für die Wirkung entscheidende Applikation auf dem toten Gewebe der äußeren Rinde, der Borke, erfolgt. Inwieweit im Wasser als Suspensionen gelöste Insektizide durch die Rinde junger Koniferen in das lebende Gewebe dringen, wurde nicht untersucht und hierfür in der Literatur auch kein Anhaltspunkt gefunden. Bei öligen Formulierungen, wie z.B. bei einigen Herbiziden, die in Mischung mit Dieselöl auf die Rinde älterer Laub- und Nadelbäume appliziert werden, ist das Eindringen nachgewiesen. Bei den verwendeten Mitteln, die als Spritzpulver formuliert sind, ist aber anzunehmen, daß sie im toten Gewebe festgehalten werden, da eine Suspension eine Aufschwemmung fester Teilchen in Wasser

ist. Eine einigermaßen verlässliche Vorhersage für den Abbau im Vergleich zu Rückstandsanalysen in der Landwirtschaft ist deshalb nicht möglich. Der Abbau auf lebenden Pflanzenzellen, wie Blättern und Früchten, ist nach MAIER-BODE (1965) weitaus schneller als auf toter Substanz. Der Grund liegt darin, daß die Pflanzen den natürlichen Abbau durch chemische Reaktionen, wie Hydrolyse und Oxydation, mit Hilfe der Wirkung von katalytischen Fermenten beschleunigten.

Die physikalischen Eigenschaften der Rindenoberfläche ermöglichen den Aufbau eines großen Wirkstoffdepots. Inwieweit chemische Einflüsse der Borke auf den Abbau einwirken, wurde nicht näher untersucht. Zumindestens vom pH-Wert aber bietet die Rinde für die in Frage kommenden Insektizide ein ausgezeichnetes Medium.

Nach PERKOW (1971) sind die 3 oben genannten Wirkstoffgruppen im sauren Milieu sehr stabil. Versuche mit abgeschabter Kie und Fi-Borke von jungen Pflanzen ohne Verletzung des Bastes ergaben, daß die Aufschwemmung von 1 g unzerkleinerter Borke in 10 ml H₂O den pH-Wert des Wassers innerhalb einer Stunde auf 5.6-6.0 senkte. Diese Verdünnung übertrifft den natürlichen Wassergehalt der Rinde, auch bei Regen, sicherlich um Zehnerpotenzen.

Keinesfalls ist anzunehmen, daß die Insektizide in Abhängigkeit von der Zeit linear ihre Wirksamkeit verlieren. Denn nach MAIER-BODE (1965) wird ein Großteil des äußeren Insektizidbelages schnell durch atmosphärische Einflüsse abgebaut bzw. abgewaschen, während der Rest des Wirkstoffes einem verzögerten Abbau bis zur Nachweisbargrenze unterliegt. Diesen Effekt beschreiben auch z.B. BEYNON u. EDWARDS (1970) bei der Wirkstoffgruppe Tetrachlorvinphos. Sie registrierten bei verschiedenen Feldfrüchten, also lebenden Pflanzenteilen, einen Abbau von 90 % innerhalb ca. 2 Wochen, während die restlichen 10 % erst nach 6-8 Wochen nicht mehr nachweisbar waren. Genauere Ergebnisse über diese Frage bei Koniferenrinden könnten genaue Rückstandsanalysen geben, deren Methoden, wie z.B. Gaschromatographie, mir aber nicht zur Verfügung standen.

Ausgehend von Tab. 15, in der annähernd die letale Dosis bei frisch appliziertem Insektizid festgestellt wurde, ergeben sich bei der praxisüblichen Anwendung folgende Rückstandsmengen in %,

die noch tödlich auf den Käfer wirken:

Tab. 18 Rückstandsmengen in %, die zum Tod v. H. abietis führen

Mittel	a	b	letale Rückstandsmengen b:a ?
	Konzentration gemäß Pflanzenschutz- mittelverzeichnis %	letale Dosis bei frischer Applikation %	
Di-Di-Tan-Ultra	0.5-1.0	0.05-0.1	5-10
Nexit-Stark	1.0	0.05	5
Obstabil	6.5	0.05-0.1	0.8-1.6

Die Zahlen veranschaulichen, daß bereits geringe Rückstände, die im Bereich weniger Prozente liegen, genügen, um auf die Käfer eine letale Wirkung auszuüben. Zu bedenken ist dabei selbstverständlich, daß das Gift nach längerer Freilandwirkung nicht wie bei frischer Applikation gleichmäßig über die ganze Borke verteilt wird, sondern wahrscheinlich nur in ihren inneren Schichten, geschützt von der Witterung, vorhanden ist. Zudem können neben den eigentlichen Wirkstoffen ihre Metaboliten ebenfalls eine insektizide Eigenschaft besitzen.

Es ist demnach zu erwarten, daß keine funktionelle Abhängigkeit zwischen dem Mortalitätsverlauf und dem Zeitabstand zwischen Tauchung und Ansatz der Käfer besteht. Denn eine Konzentrationssteigerung über die letale Dosis (100 % Mortalität) hinaus wirkt nur noch geringfügig auf den Mortalitätsverlauf.

3.43352 Versuch. und Ergebnisse

Ergänzende Laboruntersuchungen zu den Freilanduntersuchungen

Ebenfalls am 16.4.71 wurden Pflanzen, die in die gleiche Giftbrühe getaucht waren, wie sie im Freiland Verwendung fanden, in den Pflanzgarten von Münchsmünster eingepflanzt. Am 30.6., nach 46 Tagen und am 18.8. nach 3 Monaten, wurden Pflanzen kurz oberhalb der Wurzel abgeschnitten und ins Labor gebracht und frisch

Tab. 19a: Mortalitätsverlauf in % bei *H. abietis* in Abhängigkeit von Wirkungsdauer des Insektizidbelages, ab 10. Tag unbegittetes Futter
Pflanzen behandelt am 16.4.71
Käfer angesetzt am 30.6.71 an Fi 4j. N = 20

Mittel	2	4	6	8	10	12	Bemerkung
Di-Di-Tan Ultra	1 %	0	40	60	95	100	Fraßspuren
Gesamol	1 %	0	25	50	100		Fraßspuren
Forstviton	1 %	0	15	35	60	85	leichter Fraß
Nexit-Stark	1 %	0	35	45	75	100	ohne Fraß
Verindal-Ultra	1 %	0	50	65	90	100	ohne Fraß
Chlorthion	0.5 %	0	0	30	55	80	leichter Fraß
Folithion	0.75 %	0	15	25	50	70	mittlerer Fraß
Lebaycid	0.5 %	0	0	10	25	30	mittlerer Fraß
Dipterex	0.75 %	0	15	20	60	80	mittlerer Fraß
6433 I	0.5 %	0	15	20	55	90	starker Fraß
6440	0.75 %	0	0	10	30	30	starker Fraß
Torak	0.5 %	0	0	20	45	70	mittlerer Fraß
Kontrolle	0	0	0	0	5	5	starker Fraß

Tab. 19b: Mortalitätsverlauf in % bei *H. abietis* in Abhängigkeit von Wirkungsdauer des Insektizidbelages, ab 10. Tag unbegiftetes Futter
 Pflanzen behandelt am 16.4.71
 Käfer angesetzt am 18.8.71 an Kie 2j.
 Versuch v. 18.8.71

Mittel	%	Tage										Bemerkung
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
Di-Di-Tan-Ultra	1 %	0	0	0	5	20	25	40	85	100		
Gesarol	1 %	0	0	0	5	5	10	30	50	80	85	mittlerer Fraß
Forstviton	1 %	0	0	0	5	10	10	10	15	15	15	starke Fraß
Nexit-Stark	1 %	0	0	0	0	0	0	5	15	25	40	starker Fraß
Verindal-Ultra	1 %	0	5	10	10	10	15	25	35	45	60	starker Fraß
Chlorthion	0.5 %	0	0	0	0	10	10	10	15	20	25	starker Fraß
Fololithion	0.75 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	starker Fraß
Lebaycid	0.5 %	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	starker Fraß
Dipterex	0.75 %	0	0	0	0	0	5	5	5	15	15	starker Fraß
6433 I	0.5 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	starker Fraß
6440	0.75 %	0	0	0	0	0	0	15	15	15	15	starker Fraß
Torak	0.5 %	0	0	0	5	15	20	20	20	25	30	starker Fraß
Kontrolle		0	0	0	0	5	5	5	5	10	20	starker Fraß

gefangene Käfer angesetzt. Jeweils am 10. Tag wurden die Käfer an frische unbegiftete Zweige gesetzt.

Aus den Tabellen wird ersichtlich, daß nach 46 Tagen bei 4j. Fi nur DDT und Lindan ein voller Schutz boten. Auffallend ist hierbei, daß die Stämmchen bei DDT im Gegensatz zu Lindan deutliche Fraßspuren aufwiesen, obwohl der Mortalitätsverlauf in beiden Fällen gleich war.

Nach 4 Monaten zeigte nur noch DDT eine befriedigende Mortalität bei 2j. Kie (Abb. 5).

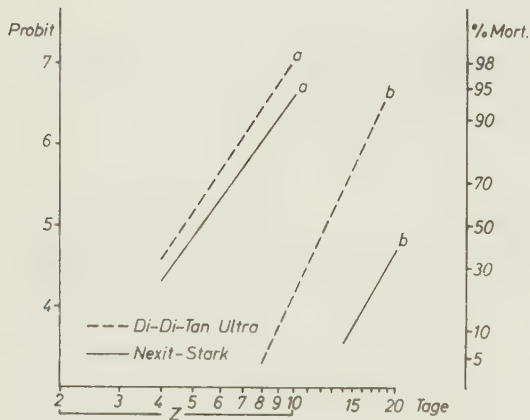


Abb. 5: Mortalitätsverlauf bei *H. abietis* in Abhängigkeit von der Wirkungsdauer des Insektizidbelages

Ansatz der Käfer:

a = 46 Tage (Fi 4j.)

b = 4 Monate (Kie 2j.)

Z = Begiftungszeitraum

Der Fraßschaden beweist aber, daß nur ein bedingter Schutz der Pflanzen bestand. Zur Überprüfung dieser Ergebnisse wurden 1972 und 1973 weitere Laborversuche unternommen. In den Vergleich mit einbezogen wurde der Wirkstoff Tetrachlorvinphos mit dem Präparat Obstabil.

Nach 3 Monaten waren, wie aus Tab. 20 hervorgeht bei 2j. Kie alle 3 Mittel voll wirksam. Zwar zeigten sowohl DDT wie Lindan gegenüber Tetrachlorvinphos einen verzögerten Mortalitätsverlauf, die Fraßindices beweisen aber, daß der Fraß nur unwesentlich stärker ist, als bei Tetrachlorvinphos.

Tab. 20 Mortalität in % und Fraßindex/Käfer 3 Monate nach Tauchung der Pflanzen (2j. Kie)
Tauchung am 25.4.73
Ansatz der Käfer am 25.7.73
ab 6. Tag unbegiftetes Futter
Fraßindex in % der Kontrolle

	N = 40						
	2	4	6	8	10	12	14
Di-Di-Tan-Ultra 0.5 %							
Mortalität %	0	8	25	35	38	60	100
Fraßindex %	96	30	24	13	-	-	-
Nexit-Stark 1.0 %							
Mortalität %	0	10	33	38	55	83	100
Fraßindex %	111	59	37	19	9	-	-
Obstabil 6.5 %							
Mortalität %	35	68	78	100			
Fraßindex %	90	40	19	-	-	-	-
Kontrolle							
Mortalität	0	0	0	0	5	5	5

Der Fraßindex, der in den ersten 2 Tagen bei Versuchen und Kontrolle übereinstimmte, läßt erkennen, daß bei der geringen Oberfläche der Kie-Stämmchen u.U. nicht unerhebliche Fraßschäden zu erwarten sind. EIDMANN (1972), errechnete pro Käfer und Tag bei 25°C einen Verzehr von 70 mm²Rinde. Für einen Ringfraß auf 1 cm Breite bei

Tab. 21 Mortalitätsverlauf (in %) in Abhängigkeit von der Zeitdauer zwischen Tauchen und Ansetzen der Käfer
Tauchung der Zweige am 10.7.73, ab 6. Tag unbegiftete Nahrung

N = 20, bzw. 40 n. 72 Tagen

Mittel	Zeitabstand (Tage)	2	4	6	8	10	12	14
Di-Di-Tan-Ultra 0.5 %	9	0	10	15	75	100		
	46	0	30	50	80	95	100	
	72	3	8	15	38	73	100	
Nexit-Stark 1.0 %	9	30	65	90	100			
	46	35	40	60	80	100		
	72	5	8	50	63	88	98	100
Obstabil 1.0 %	9	70	100					
	46	35	50	60	100			
	72	10	35	78	100			

Kontrollen: 0-5 % Mortalität nach 14 Tagen

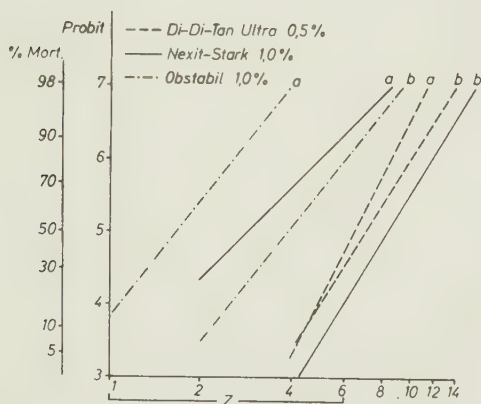


Abb. 6 Mortalitätsverlauf in % in Abhängigkeit von der Wirkungs-
dauer des Insektizidbelages bei getauchten Kie-Zweigen

a = nach 46 Tagen

b = nach 72 Tagen

Z = Begiftungszeitraum

Tab. 22 Mortalität in % und Fraßindex/Käfer 5 Monate nach Tauchung
der Pflanzen (Fi 4j.)

Tauchung am 25.4.73

Ansatz der Käfer am 27.9.73

ab 6. Tag unbegiftetes Futter

Fraßindex in % der Kontrolle

	N = 20				Tage		
	2	4	6	8	10	12	14
Di-Di-Tan-Ultra 1.0 %							
Mortalität %	5	25	60	80	95	100	
Fraßindex %	103	26	6	-	-		
Nexit-Stark 1.0 %							
Mortalität %	0	5	25	30	35	40	50
Fraßindex %	86	79	85	65	69	77	120
Obstabil 6.5 %							
Mortalität %	10	60	100				
Fraßindex %	70	7	-	-	-		
Kontrolle							
Mortalität %	0	0	10	10	10	20	25
Fraßindex %	100	100	100	100	100	100	100

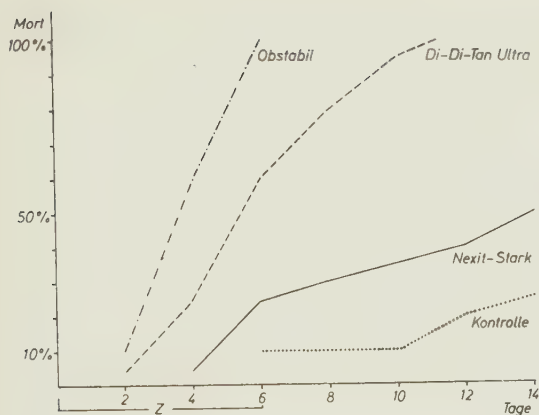


Abb. 7: Mortalität in % 5 Monate nach Tauchung der Pflanzen (Fi 4j.)
Z = Begiftungszeitraum

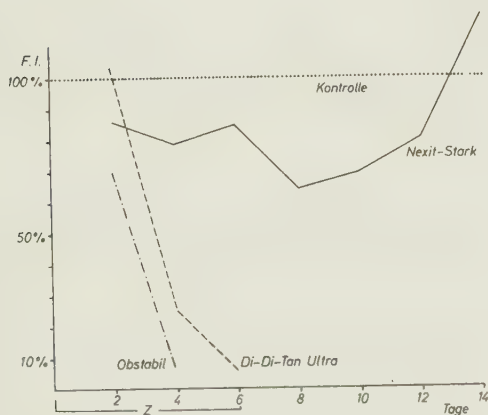


Abb. 8: Fraßindex/lebenden Einzelkäfer in % der Kontrolle (100 %) Ansatz der Käfer 3 Monate nach der Tauchung (Fi 4j.)
Z = Begiftungszeitraum

einem 5 mm dicken Kie-Stämmchen genügt demnach der 3-tägige Fraß eines Käfers.

Ein Kontrollversuch mit getauchten Kie-Zweigen (Tab.21) zeigte einen ähnlichen Mortalitätsverlauf. Auffallend bei diesem Versuch ist aber, daß Obstabil 1 % (vorgeschriebene Konzentration: 6.5 %) nach 2 1/2 Monaten immer noch voll wirksam war und bessere Ergebnisse erbrachte als die beiden anderen Präparate. Es ist hier erforderlich, zu testen, inwieweit die relativ noch sehr hohe Konzentration von Obstabil in der Praxis auf niedrigere Werte herabgesetzt werden kann.

Im Vergleich Di-Di-Tan-Ultra und Nexit-Stark läßt sich erkennen, daß bei frischer Applizierung Lindan einen wesentlich schnelleren Mortalitätsverlauf ergab als DDT. Nach 2 1/2 Monaten zeigte sich aber bereits die bessere Dauerwirkung von DDT, das in dieser Zeit nur geringfügig an Wirksamkeit verliert.

5 Monate nach der Tauchung wurde bei 4j. Fi festgestellt, daß nur die Präparate Di-Di-Tan-Ultra 0.5 % und Obstabil 6.5 % noch voll wirksam waren (Tab. 22 und Abb. 7). Das Ergebnis entspricht den Versuchen von 1971 (Tab. 19), bei denen ebenfalls die Linda-präparate (2j. Kie) nach 4 Monaten keine 100 %ige Mortalität mehr erreichten. Kontrollversuche mit niedrigen Dosierungen bestätigten die obigen Ergebnisse, daß Lindan weitaus schneller abgebaut wird als DDT.

Tab. 23 Mortalitätsverlauf in % in Abhängigkeit vom Zeitabstand zwischen der Tauchung und dem Ansatz der Käfer ab 6. Tag frisches Futter, Pflanzen 2j. Kie, getaucht am 25.4.73

Mittel	Konzentration	Zeitabstand (Tage)	Tage					
			2	4	6	8	10	12
Di-Di-Tan-Ultra	0.1	26	10	55	90	100		
	0.1	68	0	15	30	30	30	35
Nexit-Stark	0.1	26	35	90	100			
	0.1	68	0	0	0	0	5	5

Kontrolle: jeweils 0-5 % Mortalität nach 12 Tagen

Bei allen 3 Mittelgruppen konnte eine Wirkung bei Fi 4j. bis in die nächste Vegetationsperiode festgestellt werden (Tab. 24. und 24 a). Die erheblichen Unterschiede innerhalb der Testreihen zeigen jedoch, daß die Restmengen des Insektizids innerhalb der getauchten Pflanzen unterschiedlich sind. Dies dürfte einerseits von dem aufgenommenen Wirkstoffdepot abhängen, das, wie obige Versuche zeigten, mit einer erheblichen Streubreite behaftet ist, andererseits vom unterschiedlichen kleinklimatischen Standort. Beim Vergleich der Mittel erwiesen sich Di-Di-Tan-Ultra 1.0 % und Obstabil 6.5 % dem Lindanpräparat Verindal-Ultra 1 % eindeutig überlegen. Die Langzeitwirkung des DDT gegen *H. abietis* ist bereits mehrfach in der Literatur erwähnt (BAKKE, 1964, KOENIG, 1965 u.a.). Jedoch erscheint es fraglich, ob sie in jedem Fall ausreicht, Fraßschäden zu verhindern.

Tab. 24: Mortalität in % 13 Monate nach der Tauchung (4j. Fi)
mit Di-Di-Tan-Ultra 0.5 % (Tauchung am 16.4.71, Ansatz
der Käfer am 27.5.72)
ab 6. Tag frisches Futter

	N = 10		Tage				
	2	4	6	8	10	12	14
Di-Di-Tan-Ultra <u>0.5 %</u>							
Testreihe							
1	0	0	10	10	20	20	20
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	10	40	80	90	100	
4	0	0	0	10	30	40	50
Ø 1-4	0	2.5	12.5	22.5	35	40	42.5
Kontrolle	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 24 a: Mortalität in % 12 Monate nach der Tauchung (4j. Fi)
(Tauchung am 25.4.73, Ansatz der Käfer am 15.4.74)
ab 6. Tag unbegittetes Futter

	N = 20			Tage			
	2	4	6	8	10	12	14
Di-Di-Tan-Ultra 1 %							
Testreihe 1	0	25	70	85	100		
-----2-----	0	0	20	70	85	95	100
Ø	0	12.5	45	77.5	92.5	97.5	100
Verindal-Ultra 1 %							
Testreihe 1	0	0	10	10	10	10	10
Testreihe 2	0	0	30	55	55	55	60
Ø	0	0	20	32.5	32.5	32.5	35
Obstabil 6.5 %							
Testreihe 1	0	50	70	100			
Testreihe 2	0	20	35	55	75	75	80
Ø		35	52.5	72.5	87.5	87.5	90
Kontrolle	0	0	0	0	0	0	0

3.43353 Diskussion der Ergebnisse

Die Wirkstoffgruppen DDT, Lindan und Obstabil wurden in Laborversuchen gegen *H. abietis* getestet. Für die einzelnen Wirkstoffgruppen im Vergleich untereinander ergaben sich folgende Ergebnisse:

DDT: Durch die Versuche wurde nachgewiesen, daß DDT mindestens 5 Monate bei Fi und 4 Monate bei Kie wirksam war. Die Verzögerung des Mortalitätsverlaufes hat einen nur unwesentlichen Einfluß auf den Fraßschaden, wie durch einen Fraßindex nachgewiesen wurde. Nach 12 bzw. 13 Monaten ist ein Einfluß des DDT noch nachzuweisen, doch zeigten die Streuungen

innerhalb der Versuchsreihen, daß nach dieser Zeit ein voller Schutz nicht mehr gewährleistet war.

Lindan: Der Mortalitätsverlauf bei Lindan war in den ersten 2 Monaten nach der Tauchung gleich bzw. sogar etwas schneller als bei DDT. Bei 2j. Kie war nach 4 Monaten und bei 4j. Fi nach 5 Monaten - in einer Testserie nach 12 Monaten - noch Mortalität festzustellen, die aber nicht ausreichte, erhebliche Fraßschäden zu verhindern. KOENIG (1972) erzielte hierzu im Gegensatz bei Lindan in Freilandversuchen auch nach 5 Monaten noch eine bessere Wirkung als bei DDT, jedoch ist aus den Versuchen der Zeitpunkt des Fraßes nicht ersichtlich.

Tetrachlorvinphos: In der anerkannten Dosierung von 6.5 % war dieses Mittel in der Vegetationsperiode nach dem Auspflanzen sowohl DDT wie Lindan eindeutig, auch nach 5 Monaten, überlegen. Nach einem positiven Test über 12 Monate ist unwahrscheinlich auch eine Wirkung bis in die nächste Vegetationsperiode gegeben. Inwieweit sie aber ausreicht, Fraßschäden zu verhindern, konnte noch nicht geklärt werden.

Die Versuche mit einer 1 % Mischung, bei der innerhalb von 3 Monaten die Wirkung ebenfalls besser war als bei DDT und Lindan, deuten darauf hin, daß die Konzentration von 6.5 % stark überhöht ist. Zur Frage einer niedrigeren Dosierung sind weitere Versuche erforderlich.

Innerhalb der beiden getesteten Baumarten ergab sich, daß die 2j. Kie-Sämlinge durch ihren geringen Stammdurchmesser und ihr geringeres Wirkstoffdepot/cm² Oberfläche gefährdeter sind als 4j. verschulte Fi.

3.44 Allgemeiner Wirkungsvergleich der Wirkstoffgruppen DDT, Lindan und Tetrachlorvinphos

3.441 Allgemeines

Die Wirkung der obigen Wirkstoffgruppen auf *H. abietis* wurde in den vorhergehenden Kapiteln eingehend geprüft. Sie erwiesen sich in den dort erwähnten Konzentrationen für einen Einsatz als brauchbar und nicht pflanzenschädlich.

Daneben werden aber an Insektizide noch folgende Anforderungen gestellt:

- weitgehende Unschädlichkeit gegen Menschen und Nutztiere
- möglichst geringe Auswirkungen auf die Umwelt
- Wirtschaftlichkeit in der Anwendung

3.442 Toxikologie

Nach PERKOW (1971) ergeben sich folgende Toxizitätswerte:

Mittel	Versuchstier	akute orale LD ₅₀ mg/kg	akute dermal LD ₅₀
DDT	Ratte	250-300	2510
Lindan	"	88-125	900-1000
Tetrachlorvinphos	"	1500-5000	ü. 6000

Die Wirkstoffgehalte/l Tauchbrühe sind gemäß den zugelassenen Konzentrationen:

Präparat	Wirkstoffgehalt	Konzentration Wirkstoff/l %	8
Di-Di-Tan-Ultra	80 % DDT	0.5	4
Nexit-Stark	80 % Lindan	1	8
Obstabil	75 % Tetrachlorvinphos	6.5	49

Umgerechnet auf die Toxizitätswerte ergibt sich, daß die Toxizität der Lindanbrühe, gemessen an der akuten oralen und dermalen LD_{50} bei Ratte, etwa um das 4-6 fache höher ist als die Tauchbrühe von DDT und Tetrachlorvinphos. Falls sich in weiteren Versuchen bestätigt, daß für ein Einsatz von Tetrachlorvinphos eine niedrigere Dosierung genügt, würde sich eine drastische Verringerung des Giftwertes dieser Mischung ergeben.

Bei sachgemäßer Anwendung der Tauchung und geeigneter Schutzkleidung (Gummihandschuhe) ist bei allen 3 Mitteln eine Vergiftungsgefahr durch orale und perkutane Aufnahme weitgehend auszuschließen. Inwieweit durch den höheren Dampfdruck von Lindan (PERKOW, 1971) eine Vergiftungsgefahr durch Einatmen der entstehenden Dämpfe besteht, ist noch nicht geklärt, wird aber vermutet (SCHWENKE, 1973).

Eine Vergiftungsgefahr von Nutztieren, hier insbesondere von Wild, ist bei den Mitteln nicht gegeben, denn der Sommerverbiß an Nadelhölzern ist im allgemeinen gering und bis zum Herbst ist insbesondere das giftigste Mittel Lindan weitgehend abgebaut.

3.443 Gefahren für die Umwelt

Verwertung der Restbrühe beim Tauchen

Die Vernichtung der Restbrühe, die beim Tauchen im Tauchgefäß zurückbleibt, ist, obwohl es sich um hochkonzentrierte Giftbrühen handelt, quantitativ recht gering. Sie dürfte in den meisten Fällen bei geeigneten, nicht zu umfangreichen Behältern nicht mehr als 20-50 l betragen. Die Verwertung dieser Restbrühen ist gemäß den Richtlinien der Biologischen Bundesanstalt vorzunehmen.

Rückstände im Boden des Pflanzgartens

KOENIG (1965) empfiehlt an Stelle der Tauchung die kostengünstigere Spritzung im Verschulbeet vor dem Ausheben der Pflanzen. Bei diesem Verfahren wird vermittels einer Spritzgabel nur der untere Teil des Tämmchens besprüht. Die Wirkung der Spritzung (mit DDT) erreichte zwar nicht ganz diejenige der Tauchung, war

aber ebenfalls ausreichend. Neben einem geringeren Mittelaufwand (2.6 l Brühe/Tsd. Pflanzen Fi 4j. anstatt 42.0 l) ist der Zeitaufwand ebenfalls entscheidend reduziert (3.84 min/Tsd. Pflanzen anstatt 12.5 min).

Bei einem Verschulabstand der Pflanzen in der Reihe, der zwischen 6 und 10 cm liegt, werden nur 10-20 % der Spritzbrühe von den Pflanzen aufgenommen. Der Rest wird auf dem Pflanzgartenboden verteilt. Bei einem Verschulverband von 10 x 15 cm, stehen pro ar rd. 5000 Pflanzen. Das bedeutet einen Brüheverbrauch/ar von 13 l = 1300 l/ha. Bei der Unterstellung, daß hiervon 1000 l Brühe auf den Boden gelangen, ergeben sich erhebliche Wirkstoffrückstände im Pflanzgartenboden:

Di-Di-Tan-Ultra	0.5 % (80 % DDT)	4 kg/ha
Nexit-Stark	1.0 % (80 % Lindan)	8 " "
Obstabil	6.5 % (75 % Tetrachlorvinphos)	49 " "

Man versucht zwar, diesem Nachteil durch die Mitführung von Auffangtrögen mit Flüssigkeitsrückführung Rechnung zu tragen (EID-MANN, 1972), trotzdem gelangen auch hier sicherlich noch erhebliche Mengen auf den Boden. Zu bedenken ist zudem, daß die Spritzungen im Abstand von 2-3 Jahren regelmäßig auf derselben Fläche wiederholt werden.

Die bekannt lange Haltbarkeit von DDT und Lindan im Boden können nach MEIER-BODE (1965) zusammen mit dem Akkumulierungseffekt der wiederholten Spritzungen sowohl Pflanzenschäden, wie auch Störungen in der Biozönose des Bodens zur Folge haben. Dasselbe ist bei den großen Präparatmengen von Tetrachlorvinphos zu vermuten, obwohl nach Angaben der Herstellerfirma innerhalb 30 Tagen zwischen 85 und 95 % der applizierten Menge abgebaut sind. Es erscheint hier empfehlenswert, solange keine genauen Rückstandsanalysen von Pflanzgartenböden vorliegen, die kostengünstigere Tauchung vorzunehmen oder die Spritzung in einem abgeschlossenen Spritztunnel nach dem Ausheben durchzuführen.

Das Auspflanzen der getauchten oder gespritzten Pflanzen auf die Kulturfläche ist durch den punktförmigen Einsatz der Mittel mit keinerlei ökologischen Gefahren verbunden.

3.444 Wirtschaftlichkeit der Anwendung

Außer Zweifel steht, daß die Ersetzung des bisherigen Standardmittels DDT 0.5 % durch Lindan 1.0 % und Tetrachlorvinphos 6.5 % wegen des höheren Preises und der höheren Konzentration erheblich teurer wäre. Es liegt aber außerhalb der Problemstellung dieser Arbeit, einen genauen Kostenvergleich durchzuführen und den Einfluß auf die Kulturkosten/ha festzustellen.

3.5 Behandlung der Pflanzen mit systemischen Insektiziden (Granulaten)

3.51 Allgemeines

In den letzten Jahren wurden bestimmte Verbindungen entdeckt, die von der Pflanze resorbiert und im Saftstrom transportiert werden und gegen Insekten systemisch wirksam sind. Es wurde vorgeschlagen, sie in Granulatform zur Bekämpfung von *H. abietis* entweder bei Ballenpflanzungen den Erdballen beizugeben oder sie bei der normalerweise üblichen wurzelnackten Pflanzung ins Pflanzloch zu streuen.

3.52 Material und Methode

Zur Anwendung kamen folgende Mittel:

Wirkstoff	Präparat	Konzentration g/Pflanze	
		Fi(4j.)	Kie(2j.)
Disyston	Disyston	10	5
Fenosulfathion	Terracur	5	2.5
Trichloronat	Phytosol	20	10
Diethquinalphinon	Bayrusil	10	5
Methamidophos (vorgeschlagen)	Tamaron	10	5
Aldicarp	Temic	5	2.5
Phorate	Thimet	20	10

Die Mittel wurden den Pflanzen beim Verschulen im Pflanzgarten Ende April beigegeben. Nach 1 1/2 Monaten wurden sie abgeschnitten, ins Labor gebracht und 20 Rüsselkäfer angesetzt. Nach 6 Tagen wurden sie an unbegiftetes Futter umgesetzt.

3.53 Ergebnisse und Diskussion

Nur das Mittel Temic erreichte innerhalb von 14 Tagen eine gegenüber der Kontrolle (10 %) gesicherte Mortalität von 35 %. Aber auch bei diesem Mittel war der Fraßschaden nur unmerklich geringer. Die Versuche wurden nicht wiederholt.

Das Ergebnis steht im Widerspruch zu EIDMANN (1972) und KOENIG (1972), die bei einigen Granulaten eine sichere Wirkung im Labor feststellten. Auch WERNER und CLARK (1969) hatten gegen *Hylobius pales* in den USA mit Phoraten sehr gute Wirkung. Bei diesen Versuchen wurden aber im Unterschied zu Freilandversuchen eingetopfte Pflanzen (auf sterilem Sand) verwendet, denen der Wirkstoff mit den Nährsubstraten zugeführt wurde. Neben der Wirkung auf den Rüsselkäfer erscheint folgender Punkt noch wesentlich, der vor einem Einsatz von systemischen Insektiziden geklärt werden muß. Da in Bayern die Verwendung wurzelnackter Pflanzen üblich ist, kann der Wirkstoff, um ein Depot in der Pflanze aufzubauen, nur auf der Freifläche dem Pflanzloch beigegeben werden. Neben der arbeitstechnischen Erschwernis besteht die Gefahr, daß der Wirkstoff von anderen Pflanzen aufgenommen wird, deren oberirdische Teile vom Wild aufgenommen werden können und deren Früchte, wie z.B. bei Heidelbeere und Preiselbeere, der menschlichen Ernährung dienen.

3.6 Stockbehandlung

3.61 Allgemeines

In Münchsmünster wird auf Kahlschlägen, nach deren Lage voraussichtlich mit starkem Rüsselkäferbefall zu rechnen ist, neben der Tauchung der Pflanzen eine Stockbehandlung durchgeführt. Die Technik ist folgende: Mit einer Rückenspritze werden alle

frischen Koniferenstöcke im Umkreis von ca. 1-2 m mit Insektiziden, bisher, DDT 0.5 %, bespritzt.

Diese Bekämpfungsmethode geht von der Überlegung aus, daß die frisch zuwandernden Käfer nicht durch die Pflanzen, sondern durch die Stöcke angelockt werden und sich durch Kontaktwirkung vergiften. Daneben erhofft man sich eine Verhinderung der Eiablage an den Stöcken durch Kontamination mit dem Gift.

3.62 Material und Methode

Jeweils 3 1m lange durchschnittlich 10 cm dicke frische Kie-Knüppel wurden 1973 im Abstand von ca. 10 m auf einer frischen Kulturfläche (Abtl. Kohlstatt) schräg in den Erdboden eingegraben, so daß das eine Ende mit ca. 30 cm Erde überdeckt war und das andere Ende mit der Bodenoberfläche abschloß. Das Verfahren erinnert an die Grohmann'schen Fanggruben (GROHMANN, 1913), bei denen zur Larvenbekämpfung Knüppel eingegraben wurden, die nach Eiablage und teilweiser Larvenentwicklung im Herbst verbrannt wurden. Nach dem Eingraben der Brutknüppel, deren Lage etwa starken, flachstreichenden Wurzeln entspricht, wurde der Boden mit Di-Di-Tan-Ultra und Nexit-Stark bespritzt. Zur Anwendung kam auf einen m^2 ein Liter einer jeweils 1 %igen Mischung, das entspricht 10 g Insektizid m^2 = 100 kg/ha, also eine ungewöhnlich hohe Überdosierung.

Im Herbst 1973 wurden die Knüppel ausgegraben und durch Entfernung der Rinde im Labor genau untersucht.

3.63 Ergebnisse

In Tab.25 sind die Ergebnisse eingetragen. Die Larvenstadien wurden nach Kopfkapselbreiten geordnet. Alle gesunden Parasiten waren Schlupfwespen der Gattung Braconidae. Es handelt sich um die Art *Bracon hylobii* (Ratzb.), die erstmals von RATZEBURG (1848) beschrieben wurde. Eingehend beschäftigte sich MUNRO (1917) mit der Lebensweise dieser Parasiten. Danach legt die Wespe die Eier

Tab. 25: Larvenentwicklung und Parasitierungsgrad in eingegrabenen Brutknüppeln Insektizidbehandlung nach dem Übererden mit 1 l/m²

Mittel	Puppe	Larve in Puppenwiege	L5(6)	L 4	L 3	L 2	L 1	parasi- tierte Larven	Kokon- zahl des Parasiten
Di-Di-Tan- Ultra									
Nr. 1	-	13	5	-	-	-	-	2	4
Nr. 2	-	10	1	1	-	-	-	2	9
Nr. 3	-	7	2	-	-	-	-	2	11
	-	30	8	1	-	-	-	6	23
Nexit-Stark									
Nr. 1	1	14	10	4	3	-	-	1	4
Nr. 2	-	8	5	5	1	-	1	-	-
Nr. 3	-	10	4	2	-	-	-	3	15
		32	19	11	4	-	1	4	19
Kontrolle									
Nr. 1	-	6	-	1	-	-	-	7	30
Nr. 2	-	15	4	2	-	-	-	5	14
Nr. 3	-	3	3	2	-	-	-	11	77
		24	7	5	-	-	-	23	121

an nahe der Erdoberfläche fressende Larven v. *H. abietis*. Die ausschlüpfenden Larven leben als Ekotparasiten auf der Wirtslarve und fressen sie allmählich aus. Nach dem Tod des Wirtes spinnt die Parasitenlarve ihren Kokon und verpuppt sich. Die Wespen erscheinen entweder bereits im Herbst (DOLLES, 1897) oder erst im Frühjahr (MUNRO, 1917). Die Zahl der Kokons/Wirtslarve schwankte in meinen Versuchen zwischen 2 und 11 und entspricht den Literaturangaben.

Aus den Brutknüppelversuchen ergibt sich statistisch gesichert, daß durch die Stockbekämpfung die Eiablage und Larvenentwicklung von *H. abietis* nicht beeinträchtigt wurde. Ausgeschaltet wurde aber weitgehend der Parasit *B. hylabii*. Die Erklärung liegt in der wesentlich höheren Giftempfindlichkeit der Schlupfwespen.

3.64 Diskussion der Stockbehandlung

Durch eine Stockbehandlung am Anfang der Vegetationsperiode wird sicherlich ein Teil der einwandernden Käfer durch Kontakt- und Fraßwirkung an den oberflächlich sichtbaren Teilen des Stockes abgetötet (EIDMANN, 1972). Wie hoch der Anteil an der Gesamtpopulation ist nicht geklärt und methodisch schwer zu erfassen.

Die Stockbekämpfung kann aber eine Eiablage der Käfer durch Kontaktwirkung beim Einbohren im Erdreich zu den Wurzeln nicht verhindern. Auf die Larvenentwicklung hat sie keinen Einfluß. Weitgehend eliminiert wird dagegen der Hymenopterenparasit *Bracon hylobii*.

Eine quantitative Abwägung des Nutzens und Schadens ist nach diesen Versuchen nicht möglich.

3.7 Behandlung stehender Kulturen (bisherige Maßnahmen)

Die Bekämpfung stehender Kulturen ist, wie eingangs erwähnt, in Münchsmünster nur in Ausnahmefällen notwendig und wurde während der vergangenen 3 Jahre in keinem Fall durchgeführt. Für diese Ausnahmefälle wird anstelle einer Flächenbekämpfung die punktförmige Einzelbekämpfung empfohlen. Obwohl eine Flächenbekämpfung sicher sehr wirkungsvoll und wahrscheinlich auch billiger ist, ist der entscheidende Nachteil in ökologischen Gesichtspunkten begründet. Um den Rüsselkäfer auszuschalten, der wohl das giftstabilste Glied der Biozönose auf einer Kulturfläche ist, sind derart hohe Aufwandmengen von Insektiziden notwendig, daß zwangsläufig die übrige Biozönose vernichtet wird.

Zur Einzelbekämpfung, die mit der Rückenspritze und Zangendüsen durchgeführt wird, bieten sich die in der Tauchung bewährten Mittel mit den dort üblichen Konzentrationen an. Sie sind hierfür auch von der Biologischen Bundesanstalt zugelassen.

3.8 Biologische Bekämpfung

3.81 Allgemeines und bisherige Maßnahmen

FRANZ und KRIEG (1971) definieren:

Unter biologischer Schädlingsbekämpfung verstehen wir die Verwendung von Lebewesen, um mit ihnen durch menschlichen Eingriff die Populationen bestimmter schädlicher Tiere oder Pflanzen zu begrenzen. Dabei bedienen wir uns entweder solcher Nutzorganismen, wie sie als natürliche Feinde vorkommen, als Räuber, Schmarotzer oder Krankheitserreger, oder wir verändern die Individuen einer Schädlingsart selbst so, daß sie ihre eigenen Artgenossen schädigen.

Der Gedanke einer Verwendung von Räubern und Parasiten zur Bekämpfung von *H. abietis* nimmt, vor allem in der älteren Literatur (GROHMANN, 1913; ESCHERICH, 1922) einen weiten Raum ein. Allen entsprechenden Versuchen war aber kein wesentlicher Erfolg beschieden. Der Grund liegt darin, daß die Begrenzung der Population von *H. Abietis* unter natürlichen Verhältnissen weitgehend nur von Angebot an Brutmaterial und der intraspezifischen Konkurrenz bestimmt werden (EIDMANN, 1972).

Zunehmende Bedeutung gewannen in den letzten Jahren als Mittel einer biologischen Schädlingsbekämpfung Mikroorganismen und Viren als Krankheitserreger. Für eine Bekämpfung der Imagines von *H. abietis* kommen nach dem jetzigen Wissensstand nur Pilze, die perkutan durch den Chitinpanzer in das Innere des Insekts gelangen in Frage. Bakterien, Protozoen, Rickettsien und Viren treten demgegenüber vor allem als Erreger von Larvenkrankheiten auf. Eine Applizierung dieser Mikroorganismen auf die Larven von *H. abietis* ist jedoch durch deren Lebensweise im Innern von Stöcken nicht möglich.

Eine neuere Methode die Selbstvernichtung oder -schädigung einer Population durch Individuen der eigenen Art (Autozid-Methode) wurde bei einigen Insektenarten mit Hilfe physikalischer oder chemischer Sterilisation angewandt. Erste Versuche in dieser Richtung bei *H. abietis* von NOVAK (1971) zeigten im Freiland keine Erfolge.

3.82 Versuche mit dem Pilz *Beauveria bassiana* (Bals.) Vnill.

3.821 Allgemeines

Infektionsverlauf und Infektionsbedingungen von *B. bassiana*

Der bei Insekten als Krankheitserreger weitverbreitete Pilz *B. bassiana* wird innerhalb der Pilze (Fungi) der Klasse der Deuteromyceten oder Fungi imperfecti zugerechnet. Lange Zeit war nur die Art und Weise seiner vegetativen Vermehrung durch Konidien (Nebenfruchtform) bekannt. SCHAEERFENBERG (1955) beobachtete neben der Nebenfruchtform auch eine Schlauchfruchtform und klassifizierte *B. bassiana* als echten Ascomyceten.

Der Infektions- und Entwicklungsverlauf von *B. bassiana* verläuft im allgemeinen (SCHAEERFENBERG, 1955; MUELLER-KOEGLER, 1965; u.a.) folgendermaßen:

- a) Parasitische Phase: Die Konidien keimen auf der Oberfläche des Insekts, und der Keimschlauch dringt durch das Integument in das Innere des Wirtes. Perorale und perstigmale Infektionen werden zwar in der Literatur erwähnt, sind aber nicht der Regelfall. Im Innern des Wirtes vermehrt sich der Pilz vegetativ durch Terminal- oder seitlich sprossende Zellen, die in Anhalt an MUELLER-KOEGLER (1965) als Blastosporen bezeichnet werden.
- b) Saprophytische Phase: Nach dem Tod des Wirtes keimen die Blastosporen zum Myzelium aus. Bei optimaler Feuchtigkeit (90-100 %) erfolgt der Durchbruch des Myzels nach außen, vor allem an den dünnwandigen Intersegmentalhäuten. Neben einer neuerlichen Konidienbildung entsteht unter der Konidienschicht die Hauptfruchtform (Ascusform). Die daraus entstehenden Sporen keimen - ebenso wie die Konidien - auf einem neuen Wirt und leiten wieder die parasitische Phase ein.

Die Infektionsbedingungen von Seiten des Pilzes setzen zunächst voraus, daß *Beauveria* auf dem Wirt keimt. *H. abietis* und verwandte Arten werden in der Literatur häufig als Wirte von *B. bassiana* (ESCHERICH, 1936; u.a.) erwähnt. Der Pilz wurde auch bei den Kä-

fern von Münchsmünster festgestellt und isoliert. Daneben ist ausschlaggebend die Infektionsdosis, die als Zahl der Sporen pro Wirt oder pro Flächen- oder auch Raumeinheit angegeben wird. Als äußere Faktoren begünstigen *B. bassiana* hohe relative Luftfeuchtigkeit und Temperaturen zwischen 20 und 25°C. Der Einfluß von Licht auf die Keimung ist umstritten, doch scheint Tageslicht und insbesondere direkte Sonneneinstrahlung die Keimfähigkeit der Sporen herabzusetzen.

Die Infektionsbedingungen von Seiten des Wirtes wurden ausführlich von MUELLER-KOEGLER (1965) erörtert. Im Gegensatz zu den Wirbeltieren, deren Immunsystem vor allem durch die Antikörper-Synthese, die Spezifität der Antigen-Antikörper-Bindung und die darauffolgende aktive Immunisierbarkeit gekennzeichnet ist, fehlt bei Insekten die Antikörperbildung. Ihnen stehen im wesentlichen nur folgende aktive Abwehrmechanismen gegen Krankheiten zur Verfügung:

a) humorale Reaktion und Abkapselung

Eine antibakterielle Wirkung der Hämolymphe, die aber unspezifisch ist, wird mehrfach in der Literatur erwähnt. Eine fungizide Wirkung auf insektenpathogene Pilze ist nicht bekannt. In eigenen Versuchen wurde nachgewiesen (s.u.), daß die Hämolymphe von *H. abietis* ein ausgezeichnetes Nährmedium für Pilze darstellt. GÖTZ (1973) beschreibt eine humorale Einkapselung von Sporen von *B. bassiana* bei der Zuckmückengattung *Chironomus*. Sie wurde bei den Versuche mit *H. abietis*, die *in vitro* stattfanden, nicht beobachtet.

b) Phagozytose

Phagozyten von Insekten (zytoplasmareiche Zellen, die ihre Gestalt zu verändern vermögen) können unter bestimmten Umständen (z.B. bei geringer Infektionsdosis) die eindringenden Pilzhypphen abkapseln (MUELLER-KOEGLER, 1965). Neben den Phagozyten sind auch die Blutzellen direkt zur Abkapselung fähig (GÖTZ, 1973).

Als passiver Resistenzfaktor ist vor allem das Außenskelett zu nennen, von dessen physiologischen und chemischen Eigenschaften das Auskeimen der Sporen und das Eindringen der Pilzhypen ins Körperinnere wesentlich abhängen. Allgemein ist zu sagen, daß mit der Stärke des Chitinskeletts die Anfälligkeit gegen Pilzkrankheiten abnimmt.

Für eine Bekämpfung ist wesentlich, daß dispositionsbestimmende Faktoren existieren. Dies können neben unbeeinflussbaren Faktoren wie genetische Konstitution, Alter und Geschlecht, Populationsdichte auch künstliche Erkrankungen sein, hervorgerufen durch subletale Vergiftung mit chemischen Insektiziden.

3.822 Möglichkeiten der Anwendung von *B. bassiana* gegen *H. abietis*

B. bassiana ist, wie verpilzte Käfer aus Münchsmünster zeigten, wahrscheinlich ständig endemisch in *H. abietis* vorhanden. WARTENBERG u. FREUND (1961) stellten in diesem Zusammenhang eine Keimhemmung von *B. bassiana* durch Mikroorganismen im Boden fest, die eine Konservierung der Sporen ermöglicht. Es fand sich aber sowohl im Untersuchungsgebiet Münchsmünster wie auch in der *Hylobius*-Literatur kein Hinweis, daß durch den Pilz eine Vermehrung verhindert bzw. eine Population entscheidend reduziert wird. Für einen künstlichen Einsatz von *B. bassiana* bieten sich aufgrund der Lebensweise von *H. abietis* und den Infektionsbedingungen von *B. bassiana* nur folgende Möglichkeiten:

- a) Erhöhung der Sporenzahl pro Flächeneinheit durch Ausbringen künstlich erzeugter Sporen. Dies kann einerseits durch eine Applizierung auf die Fraßpflanzen geschehen, andererseits durch eine Kombination mit Anlockungsmethoden, die eine Kontamination der Käfer mit den Sporen ermöglicht. Für grundlegende Versuche bieten sich Fangrinden an, die durch die Lage im Boden ein günstiges Kleinklima mit hoher relativer Luftfeuchte bieten.
- b) Kombination von künstlich ausgebrachten Sporen mit subletalen Insektiziddosen, die die Disposition der Käfer beeinflussen.

Insbesondere in der Sowjetunion wurden in den letzten Jahren umfangreiche Versuche mit industriell hergestellten Sporenpräparaten und reduzierten Insektizidmengen gegen landwirtschaftliche Schädlinge durchgeführt (MARTOURET, 1969).

3.823 Material und Methode

Folgende Stämme von *B. bassiana* wurden in die Untersuchung einbezogen (Numerierung nach der Kartei von MUELLER-KOEGLER, Biologische Bundesanstalt, Darmstadt):

Nr. 14: Prager Stamm, isoliert 1959 aus *Leptinotarsa decemlineata*. Dieser Stamm wurde von SAMSINÁKOVÁ und NOVÁK (1967) in Versuchen mit *H. abietis* verwendet.

Nr. 28: isoliert 1967 aus *H. abietis*

Nr. 86,87,88: eigener Stamm, isoliert 1972 aus natürlich infizierten Imagines von *H. abietis* aus Münchsmünster.

Gewinnung von Konidien

Als Nährboden wurde ein Malzextrakt-Pepton-Agar (3 % Biomalz, 0,5 % Pepton, 3 % Agar) verwendet. Er wurde mit 0,5 n HCl auf den pH-Wert von 4,5 eingestellt und im Autoklaven (20 min. bei 120°C und 1 atü) sterilisiert. Die Vorkulturen auf Schrägagar wurden nach Sporulierung mit 5 ml aqua dest. abgeschüttelt. Von dieser Sporensuspension wurden 1-2 Tropfen auf den obigen Nährboden gegeben, der in sterile Petrischalen gegossen war und mit einem Glaspatel gleichmäßig verteilt. Nach 10-14 Tagen war die Plattenoberfläche dicht mit Myzel bewachsen. Der Deckel der Petrischale wurde gelüftet, damit der Nährboden abtrocknete und das Myzel sporulierte. Nach der Sporenbildung, äußerlich erkennbar durch das "kreidige" Aussehen der Platten, wurden die Sporen mit Hilfe eines feuchten Pinsels entfernt und in aqua dest. aufgeschwemmt. Nach Auszählen der Sporen in der Thoma-Kammer konnte die gewünschte Konzentration durch entsprechende Verdünnungsreihen hergestellt werden.

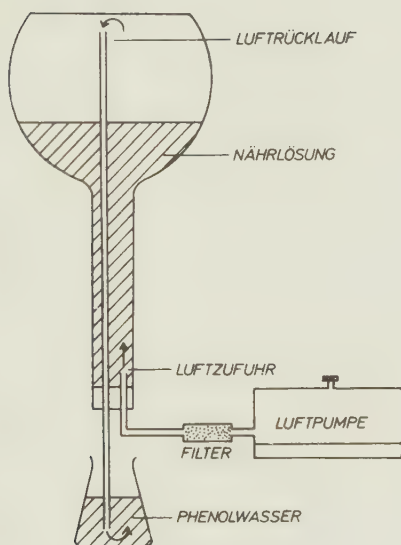


Abb. 9: Versuchsanordnung der Submerskultur von *Beauveria bassiana*
(nach SKATULLA, 1971)

Gewinnung von Blastosporen

Zur Erzeugung von Blastosporen wurde (nach SAMSINÁKOVÁ, 1964) folgender Nährboden zubereitet: Glukose 2,5 %, Kartoffelstärke 2,5 %, schweres Maisquellwasser ("corn steep liquor", ein Nebenprodukt bei der industriellen Maisverarbeitung) 2,0 %, NaCl 0,5 %, CaCO_3 0,2 %. Die Kartoffelstärke wurde vor der Mischung mit den anderen Reagenzien unter ständigem Rühren in aqua dest. aufgekocht, um durch die Gelierung der Stärke eine Verklumpung beim Autoklavieren zu vermeiden.

100 ml der Nährbrühe wurden in ein 1000 ml-Meßkolben eingefüllt. Nach der Sterilisation im Autoklaven (20 min. bei 120°C und 1 atü) wurde der pH-Wert auf 4,5 eingestellt. Nach Zugabe eines Entschäumungsmittels (1 ml steriles Salatöl oder Silikonöl) wurde die Nährbrühe mit Konidien von *B. bassiana* beimpft. Die Belüftung der Submerskultur erfolgte nach der Versuchsanordnung von SKATULLA (1971) (Abb. 9). Die elektrische Luftpumpe (Aquariumpumpe) lieferte eine Leistung von 500 ml Luft/min. Bei $20\text{--}25^\circ\text{C}$ wurde die Kultur 50-60 Stunden gezüchtet. Danach erfolgte eine mikroskopische Untersuchung auf Fremdkeime. Anschließend wurde die Nährbrühe mit 5000 Umdrehungen/min. lang zentrifugiert und nach Abschöpfung des Überstandes der Sporenrückstand mit aqua dest. aufgeschwemmt. Die Ausbeute betrug 1,5-2 ccm Sporenmasse nach dem Abzentrifugieren.

3.824 Allgemeine Ergebnisse

3.8241 Ermittlung der Sporenkeimprozentage

Wesentlich für die Wirkung ist nicht die absolute Zahl der Sporen, sondern die Zahl der keimfähigen Sporen (MUELLER-KOEGLER, 1960). Zur Ermittlung des Sporenkeimprozentes wurde unter sterilen Bedingungen ein Tropfen der Sporensuspension mit einem Glasspatel auf einem, mit dem obigen Malz-Pepton-Agar beschichteten Objektträger verteilt und die gekeimten Sporen unter dem Mikroskop ausgezählt.

Es ergab sich folgendes:

- a) Konidien: Die Sporen keimten mit deutlicher Keimschlauchbildung innerhalb von 20 Stunden bei 25°C zu jeweils 80-90 % aus (Abb. 10 u. Abb. 11). Es handelte sich hier immer um frisch gewonnenes Sporenmaterial, das auch zu Versuchen gegen *H. abietis* verwendet wurde.
- b) Die Blastosporen keimten ebenfalls mit Keimschlauchbildung, die aber nicht so ausgeprägt war wie bei den Konidien. Die Keimung begann sofort nach der Beimpfung und erreichte nach 10 Std. 50-60 % (Abb. 12 und Abb. 13). Die restlichen Sporen keimten nur verzögert, so daß das Keimprozent nach 20 Std. max. 80 % erreichte. Auffallend war die geringe Stabilität der Blastosporen. Sporensuspensionen in aqua dest. zerfielen bei 3-5°C innerhalb von 2-3 Tagen in ihre Eiweißbestandteile und ergaben, mit Ausnahme einiger Hyphenbruchstücke keinerlei Keimung.

MUELLER-KOEGLER u. SAMSINÁKOVÁ (1969) ermittelten vergleichbare Keimprozentage in ihren Versuchen. Bei den Blastosporen stellten sie zusätzlich fest, daß auch bei Stäubepräparaten, die durch Trocknen mit warmer Luft gewonnen wurden, das Keimprozent stark gemindert wird.

3.8242 Hämolymphe von *H. abietis* als Nährsubstrat

Zum Nachweis, daß die Hämolymphe von *H. abietis* als Nährsubstrat geeignet ist, wurde folgender Versuch unter sterilen Bedingungen unternommen:

Mikropipetten (ausgezogene Glasrohre mit abgebrochener und daher scharfkantiger Öffnung) wurden mit einer Konidien-, bzw. Blastosporensuspension geringer Konzentration (10^3 Sporen/ml) beimpft. Nach dem Antrocknen der Sporen wurden Käfer nach Entfernung der Flügel angestochen und die Hämolymphe mittels der Saugspannung (Kapillarkwirkung) der Pipette aus dem Körper gesogen. Unter dem Mikroskop wurde anschließend die Keimung und das Pilzwachstum

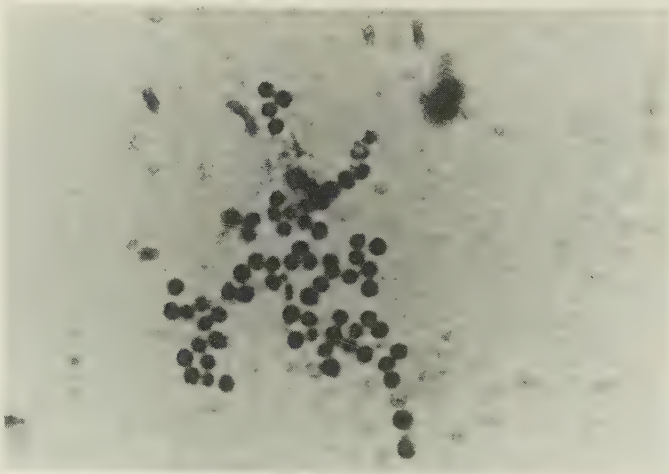


Abb. 10: Konidien von *B. bassiana*

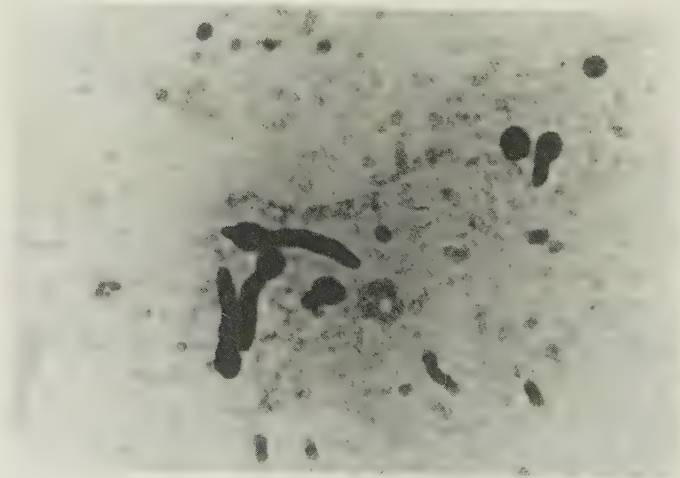


Abb. 11: Quellung und Keimschlauchbildung der Konidien von *B. bassiana*, 20 Std. nach der Überimpfung auf Nähragar

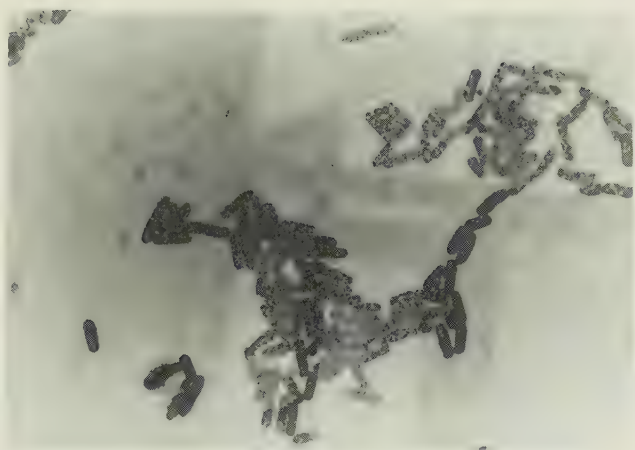


Abb. 12: Submers gebildete Blastosporen von *B. bassiana*

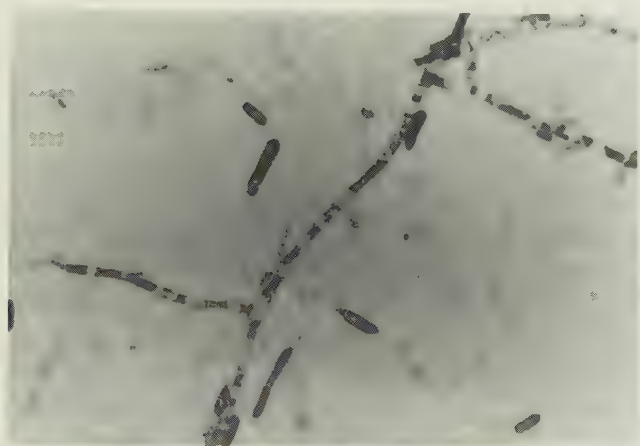


Abb. 13: Auskeimung und Hyphenbildung der Blastosporen von *B. bassiana* 20 Std. nach der Überimpfung auf Nähragar

kontrolliert. Es ergab sich, daß die Hämolymphe ein ausgezeichnetes Nährmedium darstellt. Sowohl die Konidien wie die Blastosporen keimten zu Myzelien aus, die nach 2-3 Tagen die gesamte Hämolymphe durchwuchsen. Es folgte eine neuerliche Konidienbildung an der Öffnung der Pipette.

3.8243 Einwirken von Insektiziden auf die Keimfähigkeit

Allgemeines

Einen Überblick über die möglichen Einwirkungen gibt MUELLER-KOEGLER (1965). Demnach ist bei Mischung mit Insektiziden eine negative Beeinflussung möglich, die zudem noch abhängig ist von den in den Formulierungen enthaltenen Zusatzstoffen. Vor einer Anwendung einer Mischung von Pilzsporen mit Insektiziden ist daher zu klären, ob und wie weit eine Beeinträchtigung vorliegt.

Material und Methode

Untersucht wurden folgende Wirkstoffe und Formulierungen in Mischung mit Konidien:

Trichlorphon, Reinheitsgrad 98,7 %

Dipterex (Wirkstoff Trichlorphon)

Nexit-Stark (Wirkstoff Lindan)

Di-Di-Tan-Ultra (Wirkstoff DDT)

Obstabil (Wirkstoff Tetrachlorvinphos)

Es wurden verschiedene Verdünnungsreihen mit den Insektiziden in Konidiensuspensionen hergestellt und auf mit Nähragar beschichtete Objektträger gebracht. Nach 20 Stunden wurden sie mikroskopisch ausgewertet und fotografiert.

Ergebnisse

Die Auswertung erfolgte nach der Länge der Keimschläuche, die auf den Photographien gemessen wurden. Da auch bei den Kontrollen, abhängig vom Beginn der Keimung, die Keimschlauchlänge stark variierte, wurde nach Auszählung der Gesamtsporen nur der 20 Zige

Anteil der Sporen mit der größten Keimschlauchlänge in die Rechnung einbezogen. Dieser Anteil variierte in allen Versuchsreihen nur geringfügig. Die statistische Auswertung wurde durch EDV durchgeführt und die Durchschnittswerte gegenüber den Kontrollen abgesichert.

Tab. 26 Keimschlauchlängen (in % der Kontrolle) bei *B. bassiana* in Mischung mit Insektiziden (Erläuterung im Text)

Mittel, bzw. Wirkstoff	Konzentration		
	0.1 %	0.01 %	0.001
Trichlorphon	94.3 ^{x)}	101.0 ^{x)}	102.2 ^{x)}
Dipterex	13.4	17.6	47.7
Nexit-Stark	59.3	88.9	
Di-Di-Tan-Ultra	83.3	89.8	
Obstabil	16.7	54.2	

x) Unterschied zur Kontrolle statistisch nicht gesichert

Es erwies sich, daß alle Handelspräparate mit zunehmender Konzentration die Keimschlauchbildung hemmen, und zwar am stärksten Dipterex, das als Emulsion formuliert ist. Durch die Testung des im Dipterex enthaltenen Reinwirkstoffes Trichlorphon ergab sich aber, daß nicht der Wirkstoff, sondern die Formulierung die Hemmwirkung erzeugte.

Bei den anderen Präparaten wurde der Reinwirkstoff nicht getestet.

3.8244 Einwirkung von Bastsäften und Rindenstoffen auf die Keimung

Zur Überprüfung keimhemmender Substanzen in den Pflanzenrinden wurden folgende Versuche unternommen:

- a) Frisch abgeschnittene Kie-, bzw. Fi-Zweige wurden in Petrischalen gelegt. Derselben Petrischale wurde ein mit Nähragar

beschichteter Objektträger beigegeben, der mit Konidien beimpft war. Nach 20 Stunden wurde analog an Versuche mit Insektiziden die Keimschlauchlänge ermittelt. Es ergab sich kein Unterschied zur Kontrolle.

Es waren demnach keine leicht flüchtigen Substanzen vorhanden, die das Pilzwachstum beeinträchtigen.

- b) Kleine Filterpapierscheibchen wurde mit ausgepreßten Kie- und Fi-Bastsaft getränkt. Anschließend wurden sie auf beimpften Nähragar gebracht und nach ebenfalls 20 Stunden mikroskopisch kontrolliert. Es ergaben sich keinerlei Hemmwirkungen. Auch unter den Papierscheibchen wiesen die Sporen eine normale Keimschlauchbildung auf. Es ist daraus zu schließen, daß der Bastsaft von Fi und Kie keine Wirkung auf die Keimung ausübt.

3.825 Versuche zur Bekämpfung der Imagines von *Hylobius abietis* mit *Beauveria bassiana*

3.8251 Material und Methode

Die Versuche wurden auf das Labor beschränkt, um unter kontrollierten Bedingungen die Möglichkeiten einer Verwendung von *B. bassiana* zu testen. Als Versuchsmaterial wurden Käfer aus Münchsmünster verwendet, die an Fangrinden gefangen worden waren. Nach Behandlung mit den Sporenpräparaten wurden sie in feuchten Kammern bei 20-25°C gehalten. Als feuchte Kammern wurden Glaspetrischalen verwendet, die mit Filterpapier, das ständig feucht gehalten wurde, ausgelegt waren. Die Mortalität wurde täglich kontrolliert und die toten Käfer entnommen und einzeln ebenfalls in feuchte Kammern gelegt. Um eine Verpilzung durch andere Pilze weitgehend auszuschalten, wurden die Petrischalen sterilisiert und die Käfer nicht auf das feuchte Filterpapier gelegt, sondern einen Kranz von feuchtem Filterpapier um die Käfer herumgelegt.

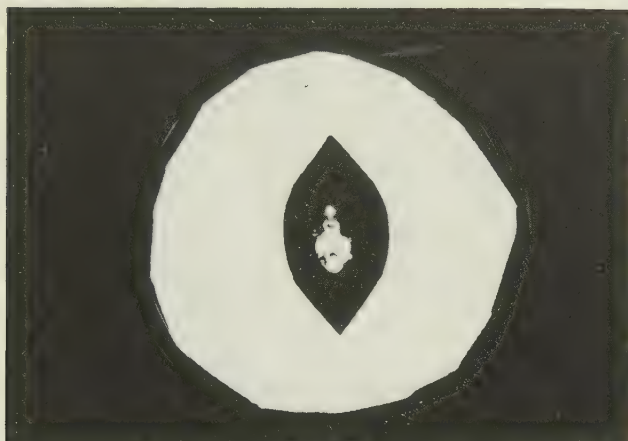


Abb. 16: Feuchte Kammer mit an *B. bassiana* verpilzten Imago von *H. abietis*

3.8252 Versuche mit Konidien- und Blastosporensuspension

Die Käfer wurden in eine Konidien, bzw. Blastosporensuspension (Konzentration 10^9 -Sporen/ml) getaucht und anschließend mit Beigabe von Futter in die feuchten Kammern gesetzt. Die Versuche wurden im Sommer 1972 viermal wiederholt mit jeweils 20 Käfern pro *Beauveria*-Stamm (aufgeteilt in 2 Reihen zu je 10 Käfern). Zur Kontrolle wurden unbehandelte Käfer unter den gleichen Bedingungen gehalten. Die Bestimmung der Endmortalität nach 25 Tagen (Tab. 27) zeigte, daß kein Unterschied zu den Kontrollen bestand.

Auch ließ der Mortalitätsverlauf bei allen Serien keine Abhängigkeit vom Begiftungszeitpunkt erkennen. Das Auswerten der toten Käfer ergab, daß ein großer Teil mit deutlicher Myzelbildung durch *B. bassiana* verpilzte. Auffällig hierbei war, daß auch bei den Kontrollen von 9 Käfern 3 Käfer von *B. bassiana* befallen wa-

Tab. 27: Mortalität von *H. abietis* bei Behandlung mit verschiedenen Stämmen von *B. bassiana* (4 Versuchsserien à 20 Käfer)

a) Konidiensuspension	Zahl der Käfer	Mortalität		Min	Max	durch <i>B. bassiana</i> verpilzte Käfer
		n. 25 Tagen	Zahl			
St. Nr. 14	80	10	12.5	0	35	7
St. Nr. 28	80	6	7.5	0	15	6
St. Nr. 86	80	9	11.3	5	15	8
St. Nr. 87	80	11	13.8	0	25	6
St. Nr. 88	80	8	10.0	5	15	5
b) Blastosporensuspension						
St. Nr. 14	80	4	5.0	0	10	1
Kontrollen	80	9	11.3	5	20	13

ren. Es ist hier neben einer Infektion im Labor eventuell auch eine bereits bestehende Infektion aus dem Freiland möglich. Auch URBAN (1967) stellte spontane Pilzinfektionen bei eingefangenen und unter Laboratoriumsbedingungen gehaltenen Käfer fest.

3.8253 Versuche mit Konidienstaub

Die Käfer wurden einzeln in gut sporolierenden Schrägagarkulturen geschüttelt, bis sie mehlartig auf dem ganzen Körper mit Sporen bedudert waren. Anschließend wurden sie in feuchte Kammern unter Futterbeigabe gesetzt. Die Versuche wurden in 3 Serien mit 2 x 10 Käfern im Sommer 1972 durchgeführt. Die Ergebnisse (Tab. 28) zeigten ebenso wie die Versuche mit Suspensionen keine eindeutige Wirkung. Doch scheint ein Einfluß von *B. bassiana* wahrscheinlich, wie auch aus der Zahl der verpilzten Käfer hervorgeht.

Im Januar 1973 wurden die Versuche nochmals wiederholt, und zwar kam hier ein Käfermaterial zur Anwendung, das mindestens 5 Monate im Labor bei 3-5°C gehalten wurde. Wie bereits oben erwähnt, ist

Tab. 28: Mortalität von *H. abietis* bei Behandlung mit verschiedenen Stämmen von *B. bassiana* (3 Versuchsserien à 20 Käfer)

	Zahl der Käfer	Endmortalität nach 25 Tagen Zahl	Endmortalität %	Min.	Max.	durch <i>B. bassiana</i> verpilzte Käfer
St. Nr. 14	60	10	16.7	15	20	9
Str. Nr. 28	60	13	21.7	15	30	9
Str. Nr. 86	60	8	13.4	10	20	4
Str. Nr. 87	60	12	20.0	15	25	18
Str. Nr. 88	60	13	21.7	10	30	11
Kontrolle	60	7	11.7	0	20	0

bei derartig lang gehaltenen Käfern eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber chemischen Insektiziden gegeben.

Die Käfer wurden ebenfalls in einem Schrägagarröhrchen (St. Nr. 14 und 28) geschüttelt und anschließend in feuchte Kammern gesetzt. Die toten Käfer wurden nicht entnommen, sondern für eine erneute Kontaktinfektion in den Petrischalen belassen. Bei einem Beobachtungszeitraum von 35 Tagen ergab sich ein deutlicher Einfluß von *B. bassiana* (Tab. 29).

Tab. 29 Mortalitätsverlauf in % bei *H. abietis* nach Behandlung mit 2 Stämmen von *B. bassiana*

				N = 20			
				Tage			
	5	10	15	20	25	30	35
St. Nr. 14	5	10	25	40	65	70	85
St. Nr. 28	0	10	15	20	35	55	90
Kontrolle	5	10	10	15	25	25	30

3.826 Versuche mit Konidien- und Blastosporensuspension gegen Larven von *H. abietis*

Obwohl, wie oben erwähnt, eine Applizierung von Sporen auf die Larven in der Natur wegen ihrer Lebensweise im Boden nicht möglich

ist, wurde zur grundsätzlichen Frage einer eventuellen Anfälligkeit, die Wirkung von Konidien und Blastosporen im Labor getestet.

Die Versuchstiere stammten aus Eiablagen im Labor (30 L1) und aus Freilandlarven (30 L5, L6) von Brutknüppeln. Nach Tauchung in einer Konidien-, bzw. Blastosporensuspension (10^9 Sporen/ml) wurden sie in feuchte Kammern unter Futterbeigabe (frische Fiebrinde) gesetzt. Sie verpilzten zu 100 % innerhalb von 10 Tagen unter deutlicher Myzelbildung. Ein Unterschied zwischen den einzelnen Larvenstadien im Mortalitätsverlauf bestand nicht. Wahrscheinlich war die Infektionsdosis so hoch, daß Abwehrmechanismen der Tiere keinerlei Rolle spielten. Für eine genaue Untersuchung dieser Frage stand leider zu wenig Versuchsmaterial zur Verfügung. In der Kontrolle war die Mortalität 18 % bei L1 und 12 % bei L5, L6 ohne Anzeichen einer Verpilzung durch *B. bassiana*.

3.827 Zusammenfassung der Versuche mit *B. bassiana* gegen *H. abietis* und Diskussion

3.8271 Allgemeines

Aus den Versuchen ergab sich, daß *B. bassiana* unter Laborbedingungen ein Absterben der Larven bewirkte, während die Imagines nur in geschwächtem Zustand auf den Pilz reagierten. Die beträchtlichen Empfindlichkeitsunterschiede zwischen Larven und Imagines werden bereits mehrfach in der Literatur erwähnt. SCHAEERFENBERG (1957) z.B. ermittelte bei Versuchen mit *B. bassiana* gegen den Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*), daß die jüngsten Larvenstadien am anfälligsten waren. Am stabilsten erwiesen sich die Imagines, die erst nach 14 Tagen 30 % Mortalität zeigten (100 % Mortalität nach 36 Tagen) und bis kurz vor ihrem Tod keinerlei Krankheitssymptome aufwiesen. Er nennt als wahrscheinliche Ursache, daß die stärkere Chitinisierung der älteren Larvenstadien und der Imagines dem Eindringen der Keimschläuche erheblich größeren Widerstand entgegensetzt. Für diese Annahme spricht auch, daß jeweils nach Häutungen eine erhöhte Pilzanfälligkeit besteht.

Neben der Stärke des Intiguments scheint insbesondere die Lipidschicht der Epicuticula einen wirksamen Schutz gegen Pilzbefall zu bieten. Die von MUELLER-KOEGLER (1965) zusammengestellte Literatur zeigt, daß durch mechanische oder chemische Entfernung der Lipidschicht Infektionen begünstigt werden können. Gleichzeitig verhindert sie auch bei Sporensuspensionen eine Benetzung des Insektenkörpers. Sie konnte auch bei den Imagines von *H. abietis* beobachtet werden, gekennzeichnet durch ein Abperlen der Sporensuspensionen. Dieser Nachteil könnte im Labor durch wasserentspannende Netzmittel ausgeglichen werden. Stäubemittel weisen diesen Nachteil nicht auf. Hierauf ist wahrscheinlich zurückzuführen, daß die Mortalität bei den obigen Versuchen unter Verwendung von Sporenstaub durchweg höher war als bei Sporensuspensionen.

Eine entscheidende Rolle dürfte aber beim Einsatz von *B. bassiana* die allgemeine Anfälligkeit der Population spielen. SAMSINÁKOVÁ und NOVÁK (1967) ermittelten bei Versuchen gegen *H. abietis* in der CSSR eine 100 %ige Mortalität im Labor, indem sie den Käfern eine hoch konzentrierte Blastosporensuspension auftrugen. Die unbehandelte Kontrolle bei den gleichzeitig laufenden Insektizidversuchen ergab bei dieser Population eine Mortalität von 50-60 % innerhalb von 10-20 Tagen. Sie lag demnach weitaus höher als bei der Population von Münchsmünster, deren Mortalität in diesem Zeitraum bei Versuchen maximal 20 %, meist aber unter 10 % betrug. Ein Zusammenhang zwischen Konstitution der Käfer und der Pilzempfindlichkeit ist auch deutlich aus den Versuchen im Januar 1973 zu erkennen, bei denen durch lange Gefangenschaft geschwächte Käfer verwendet wurden. Leider konnte eine künstliche Schwächung durch subletale Vergiftung mit Insektiziden aus Mangel an Versuchstieren nicht herbeigeführt werden.

3.8272 Betrachtung der Ergebnisse im Hinblick auf den praktischen Forstschutz

Nach den vorliegenden Untersuchungen und den Literaturangaben ist eine erfolgreiche Infektion der Imagines von *H. abietis* durch

B. bassiana nur beim Zusammentreffen mehrerer günstiger Umstände zu erwarten:

- a) optimale Keimbedingungen von *B. bassiana*. Neben der Temperatur (20-25°C) ist eine hohe Luftfeuchtigkeit erforderlich, die im Freiland nur bei der Verwendung von Fangrinden gegeben ist.
- b) künstlich oder natürlich geschwächte Populationen von *H. abietis*

Gegenüber einer Fangrindenmethode mit hoch konzentriertem Giftbelag bietet aber eine Kombination subletaler Insektiziddosen mit *B. bassiana* keinen Vorteil im Sinne einer integrierten Schädlingsbekämpfung. Um eine subletale Vergiftung der Käfer zu erreichen, sind Insektiziddosen notwendig, die für andere Insekten bereits hoch letal sind (Kapitel 3.4332). Auch dann ist *B. bassiana* nur in hohen Sporenkonzentrationen wirksam, eine Tatsache, die bei der mangelnden Wirtsspezifität des Pilzes im Hinblick auf eine Verpilzung anderer Glieder der Biozönose bedenklich erscheint. Eine Ausbringung von chemischen Giften in Kombination mit dem Pilz direkt auf die Fraßpflanzen, hat aus Gründen der ungünstigen Infektionsbedingungen keine Erfolgsaussichten.

Bei alledem ist noch zu berücksichtigen, daß - wie oben erwähnt - nur ein Teil der Käfer an Fangrinden gefangen werden kann, so daß auch aus diesem Grund eine Bekämpfung mit *Beauveria bassiana* nach dem jetzigen Wissensstand wenig aussichtsreich erscheint.

4 Zusammenfassung der Ergebnisse im Hinblick auf den Forstschutz

Ziel der Arbeit war es, ausgehend von der Biologie von *H. abietis*, die Möglichkeiten der Bekämpfung des Rüsselers zu untersuchen, um damit dem Forstschutz zu helfen, die von diesem Großschädling verursachten Schäden zu vermindern.

H. abietis hat im Versuchsgebiet des FA Münchsmünster im allgemeinen eine 2-jährige Generation. Es ist gemäß den Literaturangaben anzunehmen, daß in Bayern nur im Mittel- und Hochgebirge eventuell längere Entwicklungszeiten gegeben sind. Der allein wirtschaftlich bedeutende Fraß der Imagines an jungen Koniferenpflanzen erstreckte sich im Versuchsgebiet räumlich vor allem auf Neukulturen auf frischen Schlagflächen und zeitlich auf die Monate Ende April bis Anfang August mit dem Schwergewicht im Mai und Juni. Der in der Literatur erwähnte Herbstfraß wurde nicht beobachtet.

Von den zur Zeit möglichen Bekämpfungsmethoden wurde nur die vorbeugende Schutztauchung der Pflanzen vor dem Setzen sowie die Einzelbekämpfung stehender Kulturpflanzen als wirtschaftlich und ökologisch befriedigend erkannt.

Es wurde nachgewiesen, daß das bei der Schutztauchung aufgenommene Wirkstoffdepot an Insektiziden cm^2 Oberfläche bei 2j. Kie um etwa die Hälfte geringer ist als bei 4j. Fi. Die Unterschiede liegen in der unterschiedlichen Rindenstruktur begründet.

Gemäß der Lebensweise der Imagines von *H. abietis* ist bei Frühjahrspflanzung eine mindestens 3-monatige Wirkungsdauer chemischer Insektizide im Tauchverfahren zu fordern. Von den 16 getesteten Wirkstoffen erfüllten nur DDT, Lindan und Tetrachlorvinphos sowohl bei Fi als bei Kie diese Bedingung. In mehreren Versuchsserien wurden diese 3 Wirkstoffe weiteren vergleichenden Tests unterzogen. Nach 5 Monaten, bzw. nach einer Vegetationsperiode (12 Monate), zeigten nur noch DDT und Tetrachlorvinphos bei Fi in den meisten Fällen eine befriedigende Wirkung. Sie reichte aber nicht überall aus, um Fraßschäden zu verhindern. Versuche mit niedriger Dosierung deuten darauf hin, daß die Konzentration von Tetrachlor-

vinphos ohne entscheidende Beeinträchtigung der Wirkung noch herabgesetzt werden kann.

Die toxikologische Überprüfung der drei genannten Mittel ergab, daß nur bei Lindan Bedenken bestehen, die in der höheren Toxizität und im höheren Dampfdruck begründet sind.

5 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befaßt sich zunächst, als Grundlage für eine Überprüfung der Bekämpfungsmaßnahmen, mit der Biologie von *H. abietis*. Die Ergebnisse zeigen, daß im Untersuchungsgebiet (FA Münchsmünster) und zur untersuchten Zeit die *H. abietis*-Generation 2-jährig war, mit Überwinterung der Larven im ersten Jahr und Überwinterung der Jungkäfer im zweiten Jahr, entweder noch innerhalb der Brutstöcke oder außerhalb im Boden. Der Hauptfraß, sowohl der Jung- wie der Altkäfer, beschränkte sich auf die Monate Ende April bis Anfang August mit dem Schwergewicht im Mai und Juni.

Mechanische Bekämpfungsmethoden erwiesen sich als nur bedingt brauchbar; sie können einen wirtschaftlich bedeutsamen Fraß nicht verhindern. Waldbauliche Maßnahmen, wie Naturverjüngung und Schlagruhe, bieten einen gewissen Schutz; sie sind aber wegen ihrer standörtlichen Gebundenheit nur beschränkt durchführbar. Ausführlich wurde die vorbeugende Schutzbehandlung der Pflanzen mit chemischen Insektiziden untersucht. Unter 16 getesteten Wirkstoffen erfüllten nur DDT, Lindan und Tetrachlorvinphos die grundsätzliche Bedingung der Wirksamkeit über 3 Monate. Diese 3 Mittel wurden daraufhin vergleichenden Labortests unterzogen. Es ergaben sich folgende Unterschiede:

DDT (verwendetes Präparat: Di-Di-Tan-Ultra 0.5 % u. 1 %):

Die Wirkungskdauer erstreckte sich über die gesamte Vegetationsperiode bis ins nächste Jahr. Die Streuung der Testreihen im 2. Jahr zeigte, daß Fraßschäden in Einzelfällen nicht auszuschließen sind.

Lindan (verwendetes Präparat: Verindal-Ultra 1 % und Nexit-Stark 1 %):

Der Mortalitätsverlauf war in den ersten 2 Monaten gleich, bzw. sogar etwa schneller als bei DDT. Nach 5 Monaten und nach einem Jahr war zwar ein Einfluß noch nachzuweisen, der aber nicht ausreichte, erhebliche Fraßschäden zu verhindern. Bei Mischung mit Agricol waren Pflanzenschäden zu beobachten.

Tetrachlorvinphos (verwendetes Präparat: Obstabil 6.5 %):

In der Dosierung von 6.5 % war dieses Mittel sowohl DDT wie Lindan, auch nach 5 Monaten, eindeutig überlegen. Ein positiver Test über 12 Monate macht eine Wirkung bis in die nächste Vegetationsperiode wahrscheinlich. Allerdings erscheint eine so hohe Konzentration des Phosphorsäureesters als hygienisch und ökologisch bedenklich.

Eine Repellentwirkung, nachgewiesen durch einen Fraßindex, war bei allen 3 Mitteln nicht festzustellen.

Es bestand keine geschlechtsgebundene Insektizidempfindlichkeit.

Hinsichtlich der Toxizitätswerte und der Auswirkungen auf die Umwelt bietet Tetrachlorvinphos gegenüber den beiden anderen Wirkstoffen den Vorteil der geringeren Giftigkeit und des schnelleren Abbaus im Boden.

Innerhalb der beiden getesteten Baumarten (Kie 2j. und Fi 4j.) ergab sich, daß im Freiland kein Unterschied im Befallsgrad bestand. Neben der höheren Gefährdung durch ihren geringen Stammdurchmesser, hat die 2j. Kie bei Tauchung auch ein um etwa die Hälfte kleineres Wirkstoffdepot/cm² Oberfläche, bedingt durch die Rindenstruktur. Bei starkem Käferbefall war daher auch bei getauchten Kie-Pflanzen einzelner Todfraß zu beobachten.

Die Behandlung mit systemischen Insektiziden brachte keine eindeutigen Ergebnisse. Vor weiteren Versuchen ist vorerst die Frage der Umweltgefährdung zu klären.

Bei stehenden Kulturen wurde die Problematik der Einzel- oder Flächenbekämpfung erörtert.

Versuche zur Stockbehandlung mit DDT und Lindan erbrachten den Nachweis, daß eine Eiablage nicht verhindert, aber der Parasit *Bracon hylobii* weitgehend ausgeschaltet wird.

Laborversuche zur biologischen Bekämpfung mit dem insektenpathogenen Pilz *Beauveria bassiana* erbrachten nur beim Vorliegen optimaler Bedingungen (gute Keimbedingungen, geschwächte Population) gesicherte Positive Ergebnisse.

Abschließend wird eine Zusammenfassung der Ergebnisse im Hinblick auf den Forstschutz gegeben.

Literaturverzeichnis

- ABBOT, W.S.: A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. econ.Ent., 18, 265-267, 1925
- BAKKE, A.: The long term effect of dipping spruce plants in DDT, and DDT + Lindane to protect against the feeding-damage of *Hylobius abietis* L. (the large pine weevil).- Meed.Norske Skogfors.vesen 19(68), 181-187, 1964
- BEYER-PETERSEN, B. et al.: Studies on *Hylobius abietis* L. Development and life cycle in the Nordic countries.- Acta ent.Fennica 17, 1962
- BEYNON, K.I. und EDWARDS, M.J.: Residues of Tetrachlorvinphos and its breakdown produkts on treated crops.- Pestic. Sci. 1, 259, 1970
- CHRISTANSEN, E. und BAKKE, A. Temperatue preference in adults of *Hylobis abietis* L. (Coleoptera: Curculionidao) during feeding and oviposition.- Z.ang.Ent. 62, 83-89 1968
- EIDMANN, H.H.: Studien über die Entwicklung von *Hylobius abietis* L. im Freiland und in Laboratoriumsversuchen.-Z.ang.Ent. 54, 140-149, 1964
- EIDMANN, H.H.: Rüsselkäferschäden an verschiedenen Nahrungspflanzen.-Anz. Schädлк.Pflanzenschutz 42, 22-26, 1969
- EIDMANN, H.H.: Rüsselkäferbekämpfung-Neue Erfahrungen und Versuche.-Der Forst- u. Holzwirt, 25, 509-511, 1970
- EIDMANN, H.H.: *Hylobius abietis* L.-Manuskript 1972 in SCHWENKE: Handbuch der Forstschädlinge Mitteleuropas II (im Druck)
- EIDMANN, H.H. und NOVÁK, V.: Auftreten und Insektizidempfindlichkeit von *Hylobius abietis* L. Z.ang.Ent. 66, 411-419, 1970
- ESCHERICH, K.: Die Forstinsekten Mitteleuropas. II.- Verlag Parey, Berlin 1923
- ESCHERICH, K.: Zur Bionomie und Ökologie des Kieferngraurüsslers (*Brachyderes incanus*).-Anz.Schädлк. 12, 52-54, 1936
- FRANZ, J.M. und KRIEG, A.: Biologische Schädlingsbekämpfung.- Verlag Parey, Berlin, 1972
- GOETZ, P.: Immunreaktionen bei Insekten.- Naturw.Rdsch. 26, 367-375, 1973

- GUTHRIE, F.E.: Effect of temperature on toxicity of certain organic insecticides.-J.econ.Ent. 43, 559-560, 1950
- KÖNIG, E.: Rationalisierung der Rüsselkäferbekämpfung durch prophylaktische Behandlung der Pflanzen im Verschulbeet.-Mitt.biol.Bundesanst.f.Land- u. Forstw., Nr. 115, 173-179, 1965
- KOENIG, E.: Zur Bekämpfung des Großen braunen Rüsselkäfers (*Hylobius abietis* L.) mit DDT-freien Insektiziden.-Allg.Forst-u.Jagdzt. 143, 241-243, 1972
- MAIER-BODE, H.: Pflanzenschutzmittelrückstände.-Verlag Ulmer, Stuttgart, 1965
- MARTOURET, D.-J.: La lutte microbiologique contre les insectes nuisibles en URSS-Rev.Zool.Agr., Path.Veget. 68, 5-12, 1969
- MUELLER-KOEGLER, E.: Niedrige Keimprozente der Sporen insekten-pathogener Pilze: eine mögliche Fehlerquelle bei ihrer Anwendung.-Ztschr.Pfl.krankh. 67, 663-668, 1960
- MUELLER-KOEGLER, E.: Pilzkrankheiten bei Insekten.-Verlag Parey, Berlin, 1965
- MUELLER-KOEGLER, E. und SAMŠINÁKOVÁ, A.: Keimungsprozente und Keimungskurven der Konidien und submers gebildeten Blastosporen eines Stammes von *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.-Entomophaga, 14, 369-382, 1969
- MUNRO, J.W.: The structure and life-history of *Bracon* sp.: a study in parasitism.-Proc.Roy.physic.Soc.Edinburgh 36(20), 314-333, 1917
- OHNESORGE, B.: Der Einfluß von Geruchs- und Geschmackstoffen auf die Wahl der Fraßpflanzen beim Großen braunen Rüsselkäfer *Hylobius abietis* L.-Beitr.z.Ent. 3, 1953
- PERKOW, W.: Wirksubstanzen der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel.-Verlag Parey, Berlin, 1971
- SAMŠINÁKOVÁ, A.: Sporengewinnung von *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. aus Submerskulturen. Naturwissenschaften 51, 121-122, 1964
- SAMŠINÁKOVÁ, A. und NOVÁK, V.: Eine Methode zur integrierten Schädlingsbekämpfung des Rüsselkäfers (*Hylobius abietis* L.) -Anz.Schädlingsk. 40, 22-27, 1967
- SCHAEFERFENBERG, B.: Die Hauptfruchtform (Ascus-Form) von *Beauveria bassiana* (Vuill.) Link und *B. densa* (Vuill.) Link.-Ztschr.Pfl.Krankh. 62, 544-549, 1955

- SCHINDLER, U.: Geschlechtsgebundene Unterschiede in der Anfälligkeit von Käfern gegenüber Insektiziden.-Z.ang.Ent. 54, 208-213, 1964
- SCHMIDT, W.: Rüsselkäfer-Bilanz.-Verl.Steup & Bernhard, Berlin, 1934
- SCHWENKE, W.: Zur Bionomie und Gradalogie des großen braunen Rüsselkäfers,-Beitr.Ent. 6, 245-273, 1956
- SCHWENKE, W.: Waldschutz und DDT-Verbot.-Anz.Schädli.k.Pflanzen-schutz, 46, 49-52, 1973
- SEPP, C.: Der Rüsselkäferfang.-Aus dem Walde, 10(50), 201-203, 1896
- SKATULLA, U.: Zur Wirkung von *Bacillus thuringiensis* (Berliner) auf den Kiefernspanner *Bupalus piniarius* L. (Lep., Geometrid.).-Z.ang.Ent. 69, 1-30, 1971
- UNTERSTENHÖFER, G.: Allgemeines über Biologie und Prüfung der Insektizide und Akarizide in WEGLER, R.: Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel, Springerverlag, 1970
- URBAN, S.: *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.(Fungi imperfecti) als Krankheitserreger bei einigen Rüsselkäferarten.-Ent.Nachr., Dresden, 11, 93-96, 1967
- TOMASZEWSKI, W. und GRUNDER, H.E.: Die Temperaturabhängigkeit der Wirkung synthetischer Insektizide (DDT, Hexa) auf den Kornkäfer (*Calandra granaria* L.).- Beitr.z.Ent. 1, 105-109, 1951
- WARTENBERG, H. und FREUND, K.: Der Konservierungseffekt antibiotischer Mikroorganismen an Konidien von *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.-Zentralbl. Bakt., II. Abt., 114, 718-724, 1961
- WERNER, R.A. und CLARK, E.W.: Absorption, Translocation, and Distribution of Phorate in Loblolly Pine Seedlings.-J.econ.Ent. 62, 436-437, 1969

Lebenslauf

Am 21.1.1942 wurde ich, Jobst Frhr. v. Waldenfels, als Sohn des damaligen Oberforstmeisters Ernst Frhr. v. Waldenfels und seiner Ehefrau Charlotte, geb. Hack, in Flossenbürg, Kr. Neustadt/Waldnaab, geboren.

In Bayreuth besuchte ich die Volksschule und anschließend das Humanistische Gymnasium.

Nach dem Abitur im Jahr 1961 und der Wehrdienstzeit studierte ich vom Sommersemester 1963 bis zum Wintersemester 1966/67 Forstwirtschaft in München und Freiburg.

Die anschließende Referendarzeit beendete ich 1969 mit der Großen Forstl. Staatsprüfung.

Seit Januar 1970 bin ich im Inst. f. angewandte Zoologie als wissenschaftlicher Assistent im Rang eines Forstmeisters tätig.

Ich bin verheiratet und habe 2 Kinder.

